



Variabilité dans la perception et l'orientation de l'attention spatiale: application à la compréhension de la négligence spatiale unilatérale.

Jacqueline Laine

► To cite this version:

Jacqueline Laine. Variabilité dans la perception et l'orientation de l'attention spatiale: application à la compréhension de la négligence spatiale unilatérale.. Neurosciences. Université de Grenoble; Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2010. Français. NNT: . tel-00713512

HAL Id: tel-00713512

<https://theses.hal.science/tel-00713512>

Submitted on 1 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Grenoble
Laboratoire de Psychologie & NeuroCognition
CNRS UMR 5105
Ecole Doctorale EDISCE

Thèse de Doctorat
Sciences Cognitives, Psychologie et NeuroCognition

Jacqueline LAINE

**Variabilité dans la perception et l'orientation de l'attention spatiale :
Application à la compréhension de la négligence spatiale unilatérale**

Sous la direction de Sylvie Chokron

Membres du jury :

Pr T. Ohlmann, Président
Dr S. Chokron, Examineur
Dr P. Bartolomeo, Rapporteur
Dr I. Bonan, Rapporteur

Année 2010

Résumé :

Cette recherche, composée de 7 expériences a pour but d'observer mais aussi de manipuler implicitement les mécanismes attentionnels de sujets sains et de patients cérébro-lésés droits souffrant ou non de négligence spatiale gauche. Ce travail de recherche apporte un nouvel éclairage sur la compréhension théorique de la négligence spatiale unilatérale. En effet, la compilation de tous les résultats nous mène à interpréter la négligence en ces termes: l'expression d'une négligence spatiale pourrait être la résultante d'un chaos perceptif, se définissant par un manque d'invariant, qui impliquerait un trouble de l'orientation exogène de l'attention, majoré au niveau de l'hémiespace gauche, ceci dans un contexte de trouble bilatéral de l'orientation endogène de l'attention, émaillé de troubles frontaux. Cette assumption est corroborée par la mise en évidence, pour la première fois, d'une variabilité perceptive spécifique aux patients négligents. Ainsi, cette nouvelle hypothèse ouvre désormais la voie à un champ de réflexion pour l'étude et la rééducation de la négligence spatiale.

Mots clés : variabilité, attention, exogène, endogène, négligence.

Abstract :

This research, made up of 7 experiences, aimed to observe and implicitly manipulate attentional mechanisms of healthy subjects and right brain-damaged patients, with or without left neglect. All results involved a new neglect interpretation: neglect might be a consequence of perceptive chaos, without invariant, and would generate an exogenous orientation disorder, above all left hemispace, associated with bilateral endogenous orientation deficit, and with frontal disorder. This assumption is corroborated by the observation, for the first time, of perceptive variability only for neglect patients.

Keywords: variability, attention, exogenous, endogenous, neglect.

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier Sylvie Chokron, qui me dirige dans mon travail depuis, maintenant, de nombreuses années, et pour qui je voue une profonde admiration. A chacun de nos échanges, je suis impressionnée par sa grande connaissance de la psychologie cognitive et sa remarquable efficacité. Je tiens également à lui dire un grand merci pour son optimisme sans faille et tous ses encouragements. Il est évident que sans elle rien n'aurait pu se faire, et c'est grâce à elle que j'ai pu vivre cette inoubliable expérience. J'ai appris la ténacité et la persévérance dans les moments de doute et de découragement. Ce travail de recherche m'a également procuré beaucoup de plaisir et a généré une bonne dose d'enthousiasme. Outre l'aspect technique, je garde un souvenir ému de mon séjour en Israël.

Merci également à toutes les personnes, patients et sujets sains, qui ont gentiment participé à cette thèse, et se sont soumises, sans se plaindre, à ces longs et lassants protocoles expérimentaux.

C'est aussi pour moi l'occasion de remercier les professionnels qui m'ont volontiers accueillie dans leurs établissements pour les expérimentations : Centre de Réadaptation de Coubert, Centre de Réadaptation de Saint Alban Leysse, Centre de Réadaptation de Rive de Gier, Centre Hospitalier F. Widal, Centre Hospitalier Rothschild, Fondation Rothschild, Centre Hospitalier de Chambéry, Université de Beer Sheva (Israël). C'est grâce à leur accueil, toujours chaleureux, que les passations ont pu se réaliser.

Comment remercier mes parents de m'avoir toujours soutenue dans cette longue entreprise, et surtout merci, merci d'être ce qu'ils sont pour moi.

Merci aussi à mes frères et ma belle-famille, pour leur présence à tout moment. Je pense aussi à mes grands-parents pour l'intérêt qu'ils ont toujours porté à mon travail, et leur soutien. Quelle chance d'avoir une famille prête à tout pour m'aider !

Merci à mes amies, de ne pas avoir fui devant mes lamentations récurrentes, et de m'avoir souvent redonnée le sourire !

Jérôme, merci pour ta patience, ton soutien inconditionnel, et pour tout le reste....

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
I- <i>Le concept de variabilité</i>	2
1. Constance et recherche expérimentale.....	3
2. Négligence synonyme d'inconstance ?.....	4
II- <i>Description de la négligence spatiale unilatérale (NSU).....</i>	5
1. Sémiologie clinique	5
1.1. <i>La négligence extrapersonnelle vs personnelle</i>	6
1.2. <i>La négligence représentationnelle</i>	6
1.4. <i>La négligence et la perception implicite</i>	7
2. Les troubles associés	8
3. Aspects anatomo-cliniques	9
4. Evaluation clinique	10
4.1. <i>Epreuves visuo-perceptives.....</i>	10
4.2. <i>Epreuves visuo-graphiques</i>	10
4.3. <i>Epreuves de représentation mentale</i>	11
III- <i>Modèles explicatifs de la NSU</i>	13
1. Modèles attentionnels	14
1.1. <i>Modèle du déséquilibre d'activation inter-hémisphérique (Kinsbourne, 87, 93).</i>	14
1.2. <i>Modèle du déficit attentionnel et intentionnel (Heilman et Valenstein, 79).</i>	15
1.3. <i>Modèle de l'orientation de l'attention (Posner, 80).</i>	16
2. Modèle représentationnel (Bisiach, 93 ; Bisiach et al., 81; Bisiach et Luzzati, 78).....	18
3. Modèle référentiel (Jeannerod et Biguer, 87, 89 ; Karnath, 94, 97)	19
IV- <i>Négligence spatiale et variabilité.....</i>	20
V- <i>Déficit d'orientation exogène versus endogène de l'attention.....</i>	22
VI- <i>Manipulations expérimentales de l'orientation de l'attention visuelle</i>	23
1. Probabilité d'apparition des cibles visuelles.....	23
2. Manipulation de la probabilité d'apparition et des caractéristiques des cibles visuelles	26
3. Perturbation du comportement exploratoire du sujet sain	26
VII- <i>Rôle de l'anosognosie.....</i>	27
VIII- <i>Corrélations anatomo-cliniques du trouble attentionnel dans la NSU.....</i>	28
IX- <i>Objectifs de l'étude.....</i>	31
EXPERIMENTATION.....	34
I- <i>Expérience 1 - Détection de cibles visuelles -.....</i>	34
1. Introduction	34
2. Sujets	36
3. Matériel	37
4. Procédure.....	38
5. Résultats	39
5.1. <i>Analyse des temps de réaction (TRs)</i>	39
5.2. <i>Analyse des écarts-types (ETs)</i>	41
6. Discussion.....	44
1. Introduction	48
2. Sujets	53
3. Matériel	54

4. Procédure.....	55
5. Analyse	56
6. Résultats	56
6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)	56
6.2. Ecart-types (ETs).....	59
7. Discussion.....	61
III- Expérience 3 - Introduction d'une variabilité spatiale dans la détection de cibles visuelles -	66
1. Introduction	66
2. Sujets	71
3. Matériel	73
4. Procédure.....	73
5. Résultats	74
5.1. Différences inter-groupes	74
5.2. Sujets sains âgés	78
5.3. Sujets sains jeunes	79
5.4. Patients négligents	80
6. Discussion.....	81
6.1. Distribution gauche/droite des cibles comme un moyen de changer l'orientation de l'attention spatiale chez les participants sains et négligents	82
6.2. Orientation endogène vs exogène de l'attention	83
6.3. Système attentionnel ventral vs dorsal.....	87
6.4. La variabilité au cœur du déficit des patients négligents.....	88
IV- Expérience 4 - Influence des habitudes de lecture sur la détection de cibles visuelles soumis à une variabilité spatiale -	90
1. Introduction	90
2. Sujets	93
3. Matériel	94
4. Procédure.....	94
5. Analyse	95
6. Résultats	96
6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)	96
6.2. Analyse des Ecart-types (ETs).....	99
7. Discussion.....	101
V- Expérience 5 – Introduction d'une variabilité perceptive dans la détection de cibles visuelles -	106
1. Introduction	106
2. Sujets	109
3. Matériel	110
4. Procédure.....	112
5. Analyse	112
6. Résultats	113
6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)	113
6.2. Analyse des Ecart-types (ETs).....	116
7. Discussion.....	119
VI- Expériences 6 et 7 - Jugement de similarité -	123
1. Introduction	123
1.1. Expérience 6 - Jugements de similarité portant sur différentes figures -	126
1.1.1. Sujets.....	126
1.1.2. Matériel.....	128
1.1.3. Procédure	132
1.1.4. Résultats.....	132
1.1.5. Discussion.....	134
1.2. Expérience 7- Jugement de similarité de figures constantes -	136
1.2.1. Sujets.....	136
1.2.2. Matériel.....	138
1.2.3. Procédure	144
1.2.4. Résultats.....	144
1.2.5. Discussion.....	146
2. Discussion générale	147

2.1. Trouble du jugement de similarité morphologique chez les patients négligents gauches.....	147
2.2. Perte d'invariant perceptif dans la NSU gauche ?	148
2.3. Trouble de l'orientation exogène et analyse perceptive	149
2.4. Un trouble non latéralisé ?	150
DISCUSSION GENERALE.....	152
<i>I- Synthèse des résultats</i>	<i>152</i>
<i>II- Mécanismes exogène vs endogène d'orientation de l'attention</i>	<i>154</i>
<i>III- Distribution gauche/droite de l'attention spatiale</i>	<i>155</i>
1. Le biais attentionnel des patients négligents.....	155
2. Quand le comportement des sujets sains simule celui des patients négligents	157
3. Influence culturelle sur la distribution attentionnelle	159
<i>IV- Réflexions neuro-anatomiques</i>	<i>161</i>
<i>V- Notion de variabilité.....</i>	<i>163</i>
<i>VI- En bref, la négligence revisitée.....</i>	<i>164</i>
<i>VII- Et maintenant, quelles sont les perspectives ?</i>	<i>167</i>
Proposition d'une conduite à tenir pour la réhabilitation des patients négligents.....	169
BIBLIOGRAPHIE.....	171

INTRODUCTION GENERALE

Préambule

« Il est donc bien vrai que toute perception d'une chose, d'une forme ou d'une grandeur comme réelle, toute constance perceptive renvoie à la position d'un monde et d'un système de l'expérience où mon corps et les phénomènes soient rigoureusement liés »,
Phénoménologie de la perception, Merleau-Ponty.

C'est sur cette notion fondamentale de constance, et a contrario de variabilité, que nous avons basé notre réflexion pour cette recherche. L'expérience clinique et l'évaluation de certains patients cérébro-lésés droits mettent en exergue l'expression d'une importante variabilité des réponses fournies par un patient souffrant de négligence spatiale unilatérale (NSU) mais également que la pathologie neurologique elle-même se manifeste par des profils neuropsychologiques variables d'un individu à l'autre. L'idée inaugurale a donc été de penser que les variabilités objectivées peuvent refléter une inconstance perceptive. C'est à partir de cette notion, que notre réflexion s'est également orientée vers la question des conséquences d'une telle variabilité des stimuli sur la perception même des patients négligents ainsi que celle des sujets sains. Pour ce faire nous nous sommes attachés à étudier les mécanismes attentionnels de ces deux populations, patients cérébro-lésés et sujets sains.

I- Le concept de variabilité

La perception, et notamment la perception visuelle, est un vaste sujet d'étude qui suscite beaucoup d'interrogations et par là même de nombreuses recherches. Ce problème scientifique représente un vaste domaine d'exploration ; il implique de nombreux aspects de notre cognition aussi mystérieux les uns que les autres. Le monde environnant est en perpétuel mouvement et évolution. Chaque individu est continuellement sollicité par des informations sensorielles plurielles, de part leur nombre et leur forme. Une perception correcte et objective suppose donc la constitution d'une représentation constante et tridimensionnelle du monde. Extraire de la constance à partir de stimulations visuelles mouvantes paraît en effet fondamental à une perception fiable.

Cette notion clef de constance signifie que malgré les variations des informations sensorielles que nous recevons, il est possible de construire, de percevoir, un monde visuel constant, c'est-à-dire invariant. La perception ne varie donc pas, n'est pas biaisée par la multitude d'images rétinienne qui nous sont soumises, mais s'effectue au contraire grâce à l'extraction d'une constance basée justement sur ce flux d'images variables. La constance implique donc une propriété d'invariance qui s'applique à un large champ de notions scientifiques et notamment la symétrie. Il est en effet possible d'apparenter la symétrie à cette notion d'invariance puisque « *la symétrie est aujourd'hui une propriété d'invariance par rapport à un changement possible* » (Gilles Cohen-Tannoudji, adjoint au directeur des sciences de la matière au Commissariat à l'énergie atomique, à Saclay, revue Pour la Science, juillet 1998). Les différents changements, tels que le point de vue d'un observateur, peuvent être source de subjectivité. En fait, les aspects de la réalité sont objectifs lorsqu'ils ne subissent pas les changements de référentiel, lorsqu'ils sont invariants. La symétrie se trouve au cœur de la cognition spatiale humaine, de part son rôle dans l'évolution de cette cognition humaine. En effet, Reber (2002) s'interroge sur les raisons qui ont conduit Homo erectus à fabriquer des outils symétriques, il y a 1,5 million d'années. L'auteur suppose que la symétrie peut, entre autre, être préférée car plus attractive compte tenu de sa facilité perceptive. La symétrie participe à la préférence plus générale pour le traitement fluide et aisé des stimuli, et introduit une notion de régularités visuelles qui peuvent naturellement s'imposer à nous et à notre cognition spatiale (Van Der Helm, 2002).

Ce concept de constance semble donc en lien direct avec la perception prioritaire du monde objectif, s'établissant sur la base d'un invariant correspondant à une « *unité identifiable sous différentes perspectives* » (Phénoménologie de la perception, Merleau-Ponty) construite à partir d'une pluralité d'impressions. En effet, et à titre d'exemple, la perception d'un objet quelconque de notre expérience objective, tel une table, s'effectue grâce aux propriétés stables de ce même objet. Ces propriétés, ou constantes perceptives (comme la grandeur et la forme de la table) sont le résultat de nos interactions avec l'objet, en lien avec notre corps propre (le schéma corporel étant également considéré comme invariant). Malgré l'existence de nombreuses variations des caractères de l'objet selon la perspective, il est tout de même possible de construire une objectivité. Ceci signifie que l'objet perçu est invariable lui-même, en tenant compte des variations de présentation, du contexte d'apparition.

1. Constance et recherche expérimentale

Mais cette perception du monde objectif implique également l'introduction d'une autre notion clef : l'attention. En effet, selon Merleau-Ponty, l'attention, comme « projecteur » éclairant la perception, permet à l'individu de *fixer et d'objectiver un invariant* ainsi que de constituer un champ perceptif à la disposition de l'observateur. L'auteur évoque également l'existence de relations réciproques liant la perception et l'attention : une perception engendre l'attraction de l'attention puis la fonction d'attention va rehausser cette même perception. Mais il semble encore difficile de déterminer précisément les influences réciproques de ces deux notions.

La variabilité, tout comme son pendant la constance, est semble-t-il générale, et peut donc être constatée dans l'ensemble de la cognition et du champ d'expérience. Cette notion de variabilité peut en effet s'étendre aux comportements des individus, et plus précisément aux différences individuelles observées. Ces variations de comportement peuvent s'exprimer non seulement entre chaque individu (interindividuel) mais également pour une même personne (intraindividuel), la recherche expérimentale sur la cognition ayant toujours cherchée à réduire cette variabilité afin de dégager des invariants. Le domaine cognitif ayant trait à la spatialité et notamment l'orientation spatiale est particulièrement marqué par la variabilité observée chez les individus. Il est possible de retrouver dans ce domaine d'étude, un concept déjà évoqué plus haut : celui de référentiel. T. Ohlmann (« Invariants et variabilité dans les sciences cognitives », 2002) expliquera en effet que les référentiels correspondent à des

invariants directionnels permettant l'orientation spatiale. L'utilisation de référentiels engendrerait alors elle-même l'accession à une certaine constance, et par extension à une spatialité objective et stable.

Si l'on considère l'ensemble des explications et surtout des implications de la variabilité ici exposées, il est possible de supposer ou plutôt d'en inférer qu'une perception stable et objective n'est réalisable que par l'extraction d'invariants. Par renversement, une altération de la constance, et donc une absence d'invariant, engendrerait un échec de la perception, en termes d'objectivité. Si l'on reprend l'application au domaine spatial, Merleau-Ponty illustre son hypothèse de constance par un trouble de la localisation. Il décrit alors *« une désagrégation du champ sensoriel qui ne reste plus fixe pendant que le sujet perçoit, bouge en suivant les mouvements d'explorations et se rétrécit pendant qu'on l'interroge »*. Cette inconstance de la perception caractérisée par une certaine instabilité se traduirait donc par un trouble, c'est-à-dire une anomalie par rapport à un comportement objectif.

2. Négligence synonyme d'inconstance ?

Il est possible d'observer d'importantes variabilités dans un trouble neurologique d'origine centrale : la négligence spatiale unilatérale. Ces variabilités d'expression du trouble sont autant interindividuelles que pour un même individu en fonction du contexte. Si l'on applique l'ensemble de la réflexion à propos de la variabilité à cette pathologie neurologique qu'est la négligence spatiale unilatérale, nous pouvons alors supposer que la grande variabilité des performances obtenues par un patient négligent traduirait une inconstance perceptive inexprimée. Cette inconstance des réponses étant d'autant plus importante que la négligence est sévère, nous pouvons émettre l'hypothèse que l'hémiespace ignoré serait dépourvu d'invariants, altérant alors le traitement cognitif des informations de sa provenance. Cette absence d'invariant engendrerait une perception anarchique et surtout imprévisible des stimuli situés dans l'hémiespace contralésionnel. Le patient négligent serait en fait dans l'incapacité d'extraire une « règle » et d'adopter une ligne de conduite adaptée face aux stimulations de son hémiespace, ce qui pourrait finalement le conduire à totalement ignorer les informations perceptives provenant de l'hémiespace contralésionnel, car trop coûteuses et difficiles à coder. D'un point de vue expérimental, il serait alors intéressant d'objectiver l'existence de cette variabilité altérant la perception, ou en tous cas de la rupture au niveau de la boucle action-

perception, et d'en déterminer la nature. Le champ théorique à visée explicative de la négligence spatiale unilatérale étant aujourd'hui principalement axé sur les hypothèses attentionnelles, il pourrait ensuite être possible d'en inférer le lien de causalité avec les troubles attentionnels observés dans la négligence et dont l'existence est admise.

II- Description de la négligence spatiale unilatérale (NSU)

« Un patient atteint du syndrome de négligence a des difficultés à signaler, à répondre à, ou à s'orienter vers des stimuli nouveaux ou porteurs de signification lorsque ceux-ci sont présentés du côté opposé à une lésion cérébrale... » Heilman, Watson et Valenstein, 1985.

En d'autres termes, la négligence spatiale unilatérale peut être définie comme une tendance à ignorer, à ne pas prêter attention, à ne pas s'orienter vers les objets, les événements ou les stimulations contralésionnelles. L'attitude des patients négligents évoque une totale absence de considération de l'espace controlatéral à la lésion. L'expression de cette pathologie neurologique peut être plurielle et concerner l'espace extrapersonnel, l'espace corporel mais également l'espace représenté. La négligence spatiale peut affecter chaque modalité d'entrée sensorielle, visuelle en premier lieu, mais aussi auditive, tactile ou olfactive et peut s'exprimer par de nombreuses modalités de sortie motrices : manuelles, oculaires, locomotrices et verbales. Le comportement négligent ne doit pas pouvoir s'expliquer par un déficit sensitivo-moteur ou sensoriel élémentaire.

La NSU demeure une pathologie neurologique mystérieuse, qui suscite toujours une multitude de recherches et de publications.

1. Sémiologie clinique

Non seulement les manifestations cliniques de la négligence spatiale peuvent considérablement varier d'un patient à un autre mais on est également confronté à d'importantes variations intra-individuelles. Ces différentes symptomatologies aboutissent à la définition de plusieurs tableaux cliniques.

1.1. La négligence extrapersonnelle vs personnelle

La négligence spatiale, ou extrapersonnelle, est la forme la plus couramment rencontrée. Néanmoins, les manifestations du trouble sont diverses car fonction du référentiel utilisé pour définir l'espace gauche. Ainsi, les coordonnées peuvent être centrées sur la rétine, la tête, le tronc ou sur l'objet. Par ailleurs des dissociations ont été établies entre un espace proche (péri-personnel) et un espace lointain (Halligan et Marshall, 1991)

La négligence personnelle, ou corporelle, concerne quant à elle, un défaut d'exploration de la moitié du corps controlatéral à la lésion. Ce type de négligence se caractérise par la non-utilisation de l'hémicorps gauche lors des activités élémentaires du quotidien, comme par exemple l'habillage ou la toilette ; le patient peut également manifester des difficultés à désigner des parties de l'hémicorps négligé (Heilman, Watson et Valenstein, 1985).

Une double dissociation est possible entre une négligence personnelle et extrapersonnelle, mais rarement dans le sens d'une absence de négligence extrapersonnelle (Bisiach, Perani, Vallar et Berti, 1986 ; Guariglia et Antonucci, 1992).

1.2. La négligence représentationnelle

Il s'agit d'une négligence qui affecte l'espace représenté, ou imaginé, en l'absence physique d'un stimulus. Bisiach et Luzzatti (1978) ont demandé à des patients négligents de faire une description de mémoire, à partir d'un point donné, d'une place connue de Milan. Les auteurs ont alors observé que les patients ont omis de décrire des détails situés à gauche de la place. Cependant, lorsque le point de vue imaginaire était inversé de 180°, les patients citaient alors les détails précédemment omis et négligeaient ceux initialement décrits, qui se situaient désormais à leur gauche.

1.3. La négligence motrice

Ce terme fait écho aux perturbations de la réponse motrice que l'on peut éventuellement observer dans cette pathologie. Plusieurs aspects des troubles moteurs sont en fait regroupés sous cette désignation. On peut en effet évoquer le phénomène de sous-utilisation d'un hémicorps (Laplane et Degos, 1983), ou l'akinésie unilatérale, ainsi que l'hypokinésie directionnelle (Heilman, Bowers, Coslett, Whelan et Watson, 1985) se définissant par une difficulté à initier un mouvement vers l'hémiespace opposé à la lésion.

1.4. La négligence et la perception implicite

Certains patients négligents s'avèrent capable de percevoir inconsciemment les caractéristiques de stimuli apparues au sein de leur hémiespace gauche négligé. Il s'agit alors d'une perception implicite de ces éléments, notamment décrite par Marshall et Halligan (1988). Ces auteurs ont demandé à une patiente négligente gauche de décrire et de comparer deux dessins de maison présentés l'un en dessous de l'autre, qui différaient par la présence d'un incendie du côté gauche d'une maison (figure 1). La patiente échouait dans la tâche de comparaison, estimant que les deux maisons étaient identiques. Cependant, à la question dans quelle maison souhaiteriez-vous vivre, elle répondait systématiquement dans celle sans incendie.

Il est désormais admis (Driver et Mattingley, 1998) que les patients négligents sont capables de traiter implicitement des informations au niveau de leur hémiespace négligé. Cette notion de perception implicite est donc omniprésente dans de nombreuses études et a sa place dans l'interprétation de nombreux résultats.

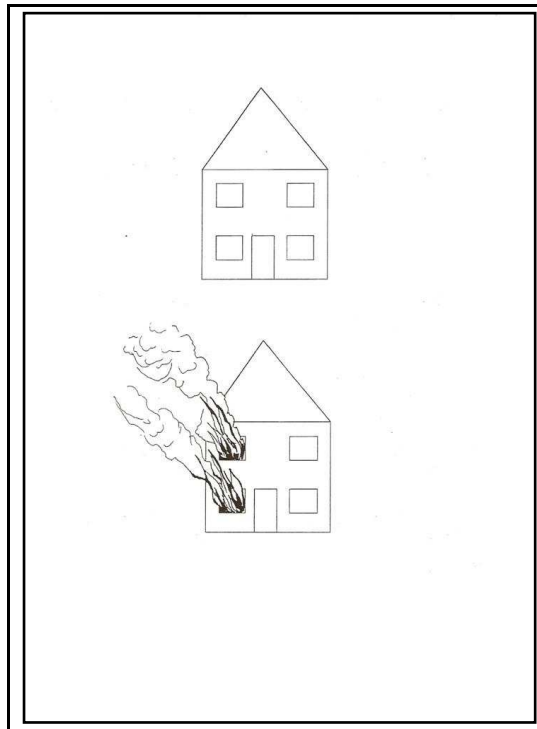


Figure 1 : perception implicite, Marshall et Halligan, 1988.

2. Les troubles associés

Parmi les divers troubles que l'on peut trouver en association de la négligence, il y a tout d'abord l'hémianopsie latérale homonyme. Il s'agit d'un trouble neurovisuel d'origine centrale se caractérisant par une amputation du champ visuel contralésionnel en cas de lésion occipitale unilatérale.

L'extinction correspond à l'incapacité à détecter un stimulus contralatéral à la lésion cérébrale lorsque celui-ci est présenté simultanément à un stimulus ipsilatéral, alors que ce stimulus est détecté lorsqu'il est présenté isolément.

L'anosognosie est extrêmement fréquemment associée à la négligence ; les patients n'ont alors pas conscience de leur trouble. Cette anosognosie peut également prendre la forme d'une méconnaissance de l'hémicorps contralésionnel (asomatognosie) ; le patient ne s'approprie alors plus cet hémicorps.

La négligence est un trouble invalidant qui peut entraîner la manifestation d'autres troubles neuropsychologiques tels que l'alexie (trouble de la lecture), l'agraphie spatiale affectant l'organisation spatiale de l'écriture, ainsi qu'une dyscalculie spatiale altérant la résolution d'opérations mathématiques posées. Notons que cette liste n'est pas exhaustive puisque les impacts de la négligence sur la cognition sont multiples.

3. Aspects anatomo-cliniques

La négligence spatiale est habituellement consécutive d'une lésion hémisphérique droite chez un droitier, principalement dans sa partie postérieure ; il est admis que l'hémisphère droit est spécialisé dans les fonctions spatiales (Critchley, 1953). Il s'avère en effet que l'atteinte la plus fréquente se situe au niveau rétro-rolandique, avec plus précisément une importance des lésions inféro-postérieures du lobe pariétal droit (Vallar, Perani, 1986) en association avec la jonction temporo-pariéto-occipitale (Bartolomeo et Chokron, 2001).

Toutefois, l'expression d'une négligence est possible après une lésion cérébrale se situant au niveau du cortex frontal inférieur (Vallar et Perani, 1987) mais également suite à une lésion thalamique (Cambier, Elghozi et Strube, 1979). On peut également citer une étude de Karnath et al. (2001) qui confirme le rôle du gyrus temporal supérieur.

Les localisations lésionnelles intra-hémisphériques sont multiples ; aucun consensus n'est encore clairement défini (voir Chokron, Bartolomeo et Siéroff, 2008 pour revue). Toutefois, les nouvelles techniques d'exploration cérébrale permettent un avancé considérable dans l'identification des zones cérébrales responsables de la NSU. Ainsi, Thiébaud de Schotten et al. (2005) ont utilisé une méthode de travail en association avec des neurochirurgiens, qui consiste à réveiller le patient durant l'intervention afin d'observer les troubles consécutifs à l'inactivation, temporaire, d'une petite zone du cerveau. Les auteurs constatent une déviation vers la droite, lors d'une épreuve de bissection de ligne, suite à l'inactivation du lobule pariétal inférieur, de la partie caudale du gyrus temporal supérieur et surtout de la substance blanche.

De plus, plusieurs études argumentent le rôle de lésions au niveau du réseau neuronal fronto-pariétal, dans la genèse de la NSU (Committeri et al., 2007 ; Leibovitch et al., 1998). Doricchi, Thiébaud de Schotten, Tomaiuolo et Bartolomeo (2008) ainsi que Bartolomeo, Thiébaud de Schotten et Doricchi (2007), dans leur revue, soulignent donc le rôle majeur d'une disconnexion des voies sous-corticales fronto-pariétales dans l'apparition et la sévérité de la négligence.

Ainsi, même si les hypothèses étiologiques mentionnent divers zones cérébrales, il apparaît toutefois que les nouvelles technologies précisent la localisation lésionnelle de cette pathologie, aux multiples profils.

4. Evaluation clinique

Il est parfois évident de conclure à une négligence spatiale unilatérale, simplement grâce à l'observation clinique du patient. Le trouble d'exploration spatiale peut en effet, initialement et dans les formes sévères, s'exprimer par une déviation de la tête et du regard ainsi qu'une totale ignorance de l'hémiespace corporel et/ou extra-corporel gauche. Néanmoins, il est fréquemment nécessaire d'utiliser des tests pour objectiver ce trouble. L'hétérogénéité des tests habituellement proposés tient compte de la nature variable du déficit, qui ne répond pas à une règle du « tout ou rien » mais dont la sévérité peut varier d'un instant à l'autre en fonction du type de stimulus et du contexte d'évaluation.

Les tests classiques d'évaluation de la NSU regroupent des épreuves visuo-perceptives mais également des épreuves visuo-graphiques.

4.1. Epreuves visuo-perceptives

Elles explorent l'aspect perceptif de la négligence et se caractérisent par des tâches de description d'images, d'identification de figures entremêlées, de dénombrement et pointages d'objets, et de lecture.

On peut citer par exemple l'illusion optique de Wundt-Jastrow, utilisée par Massironi et al. (1988) pour évaluer la NSU, qui permet une approche qualitative globale, ainsi que le test de Gainotti (1987) comprenant des figures enchevêtrées pour évaluer, selon l'auteur, l'attention automatique (extraction des objets) et l'attention intentionnelle (recherche dans les parties latérales). On peut également citer le test de l'image des bœufs, d'une grande simplicité et sensibilité (Brun et al., 2001).

4.2. Epreuves visuo-graphiques

En revanche, les épreuves visuo-graphiques impliquent davantage un aspect perceptif et intentionnel de la négligence. Il s'agit alors des tests de barrage, de dessins, de bissection de lignes et d'écriture. Les tests de barrage sont incontournables pour évaluer la NSU dans ses composantes attentionnelles et intentionnelles. L'exploration stratégique, ou au contraire

anarchique de la feuille de passation apporte également des renseignements quant à la méthode d'exploration visuo-spatiale employée par le patient.

Les tests de bisection sont d'une grande utilité clinique et expérimentale pour l'évaluation de la NSU. Le principe de ces tests est de faire indiquer au patient le milieu d'une ou plusieurs lignes horizontales placées face à lui, et centrées sur l'axe corporel. Quatre étapes d'exécution de cette épreuve peuvent être altérées dans le cadre de la NSU : 1- le repérage de chaque extrémité de la ligne, 2- l'évaluation mentale du centre de la ligne, 3- la bisection, 4- le contrôle du résultat.

Afin d'optimiser la valeur diagnostique de ces épreuves, il paraît nécessaire d'associer plusieurs tests papier-crayon lors du bilan. Une épreuve peut en effet être réussie, malgré la présence d'une NSU, alors qu'une autre objectivera clairement de trouble d'exploration spatiale. La nature variable du déficit est donc pathognomonique de la négligence, au point d'en déterminer les techniques d'évaluation.

Il existe désormais une batterie d'évaluation de la négligence unilatérale élaborée par le GEREN qui permet une large exploration de la symptomatologie. En effet cette batterie est composée de :

- un score d'anosognosie
- un score de déviation de la tête et des yeux (Rode, Perenin et Boisson, 1995)
- un score de négligence hémicorporelle (Bisiach, Perani, Vallar et Berti, 1986)
- un test d'extinction visuelle, auditive et tactile (Rousseaux et al., 1996)
- un test des cloches (Gauthier et al., 1989) (figure 2)
- une copie de figure (Ogden, 1985) (figure 3)
- un dessin de l'horloge
- des bisections de lignes (Harvey, Milner et Roberts, 1995)
- des figures enchevêtrées (Gainotti, D'Erme et Bartolomeo, 1991)
- un test de lecture
- un test d'écriture (figure 4)
- une échelle d'évaluation fonctionnelle de la négligence de Bergego

4.3. Epreuves de représentation mentale

D'après la définition de Heilman, Watson et Valenstein (1985), la NSU est un trouble qui affecte la perception, la représentation et/ou la réalisation d'actions à l'intérieur d'une partie de l'espace.

Ce sont les travaux de Bisiach et al. (1987, 1988) qui ont véritablement construit l'hypothèse d'un trouble de nature représentationnelle à l'origine de la négligence. Bisiach et al. (1996) précisent par la suite ce trouble de représentation d'une partie de l'espace et introduisent le terme d'anisométrie, correspondant à des distorsions de la représentation mentale.

Les épreuves se définissent par l'évocation mentale d'un espace géographique ou topographique familier (Bartolomeo, D'Erme et Gainotti, 1994 ; Guariglia et al., 1993), tel que l'évocation mentale de la carte de France (Rode, Perenin et Boisson, 1995). On peut également utiliser le rappel explicite, sous forme de dessins spontanés, d'images visuelles ou spatiales.



Figure 2 : performance d'un patient négligent gauche au test des cloches, Gauthier et al., 1989

Figure 3 : exemple de performance d'un patient négligent gauche en copie de la figure d'Ogden, 1985.

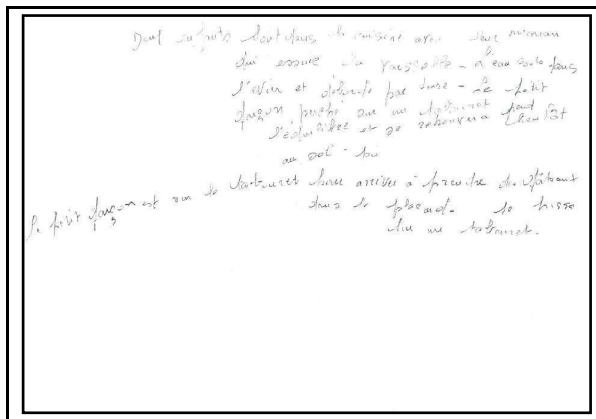
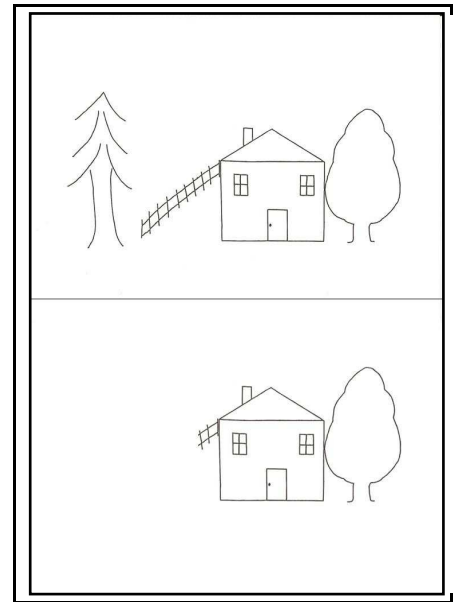


Figure 4 : performance d'un patient négligent gauche pour une tâche d'écriture.

L'utilisation de toutes ces épreuves n'est qu'une étape et doit être complétée de tests comportementaux et d'observations écologiques.

La sémiologie de cette pathologie est clairement définie contrairement à l'identification des déficits sous-jacents. En effet, plusieurs hypothèses concernant les déficits responsables de cette pathologie ont été avancées pour rendre compte de ce tableau clinique, mais aucune de ces hypothèses n'a fait l'unanimité.

III- Modèles explicatifs de la NSU

Les premières hypothèses explicatives de la NSU ont tout d'abord porté sur l'existence d'un déficit sensoriel primaire (Denny-Brown et Banker, 1954 ; Battersby et al., 1956), se caractérisant par une forme d'amputation du champ visuel. Cependant la présence d'une

double dissociation entre l'HLH et la NSU a réfuté cette hypothèse. A cela s'ajoute les manifestations de NSU sans contrôle visuel (Chokron et al., 2002, 2004).

De la même manière, l'hypothèse d'un déficit moteur primaire au niveau du membre supérieur ou oculaire (Chedru et al., 1973) n'a pas été retenue puisque la NSU peut se manifester en l'absence d'activité motrice exploratoire.

La négligence a donc par la suite été considérée comme un trouble spatial, son interprétation étant de plus en plus cognitive.

Plusieurs hypothèses ont été formulées pour trouver une explication théorique à ce trouble spatial, dont l'évocation d'un trouble attentionnel, d'un trouble dans la représentation de l'espace et aussi d'une distorsion du cadre de référence égocentrique.

1. Modèles attentionnels

Cette approche théorique d'un trouble attentionnel dans la NSU a suscité l'intérêt de beaucoup de chercheurs et garde encore aujourd'hui une place prédominante dans le courant de recherches sur la NSU.

1.1. Modèle du déséquilibre d'activation inter-hémisphérique (Kinsbourne, 87, 93).

Ce modèle repose sur la notion de déséquilibre d'activation inter-hémisphérique. Selon l'auteur, les deux hémisphères entrent normalement en compétition pour attirer l'attention vers le côté contralatéral de l'espace. Ils sont normalement bien équilibrés et le gradient attentionnel recouvre alors l'ensemble de l'espace environnant. Les lésions modifieraient l'équilibre de ce gradient, et l'hémisphère intact dominerait alors l'hémisphère endommagé, ce qui biaiserait le gradient spatial de l'attention. En d'autres termes, les deux hémisphères sont en compétition d'activation et lorsque l'un est particulièrement activé, il exerce, via le corps calleux, une inhibition du niveau d'activation de l'autre. Il existe donc un biais attentionnel contralatéral à l'hémisphère dont le niveau d'activation est le plus élevé. De plus, Kinsbourne considère que le biais produit par l'hémisphère gauche est plus fort que celui produit par l'hémisphère droit (cf. schéma 1). Donc, lorsque l'hémisphère droit est lésé, le biais s'exprime avec toute sa puissance, alors que quand l'hémisphère gauche est lésé, c'est juste une supériorité qui disparaît. Ceci suggère que le négligent est aimanté ou verrouillé vers l'hémiespace ipsilatéral à la lésion (De Renzi et al., 1989). La lésion hémisphérique droite

entraînerait un déséquilibre de la balance inter-hémisphérique, c'est-à-dire une désinhibition de l'hémisphère gauche et renforcerait de ce fait le biais attentionnel naturel vers la droite. Ceci suggère que les patients négligents souffriraient d'un biais d'orientation de l'attention vers la droite.

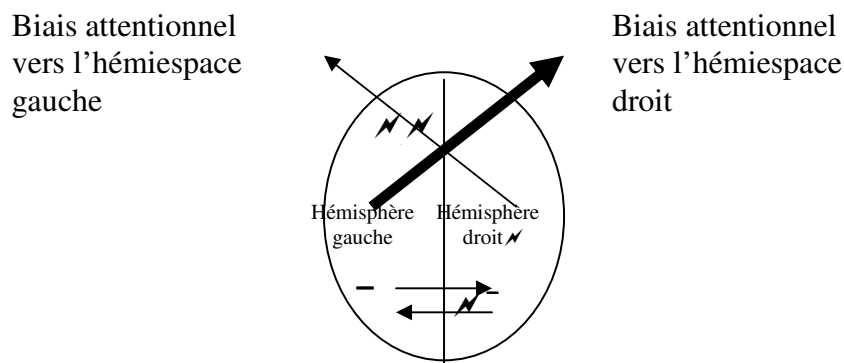


Schéma 1 : Représentation du modèle du déséquilibre d'activation inter-hémisphérique (Kinsbourne)

1.2. Modèle du déficit attentionnel et intentionnel (Heilman et Valenstein, 79).

Ce modèle se base sur l'existence d'une dominance de l'hémisphère droit pour l'attention spatiale ainsi que d'une boucle réticulo-thalamo-cortico-limbique distribuée dans chaque hémisphère et responsable du système attentionnel et activationnel : chaque hémisphère contrôle l'hémiespace controlatéral au niveau attentionnel (éveil et attention sélective) et intentionnel. Le syndrome de négligence pourrait être dû à une lésion de la boucle activatrice et entraîner une diminution de l'activation de l'hémisphère lésé. Cette atteinte se traduirait par une hypokinésie contralésionnelle, c'est-à-dire une réduction sélective de la réponse d'orientation motrice vers l'hémiespace contralésionnel (Heilman et Valenstein, 1979). Mais l'hypothèse d'une hypokinésie hémispatale responsable de la négligence a été remise en question par un certain nombre de travaux (voir pour revue Bartolomeo et Chokron, 2002).

Lors de leur étude, Bartolomeo et Chokron (1999b) ont évalué les deux interprétations contradictoires de la NSU : une attention diminuée vers la gauche, et une attention augmentée

vers la droite. Leurs résultats sont en faveur d'une hypoattention vers la gauche plutôt qu'une hyperattention vers la droite, et suggèrent que le biais attentionnel vers la droite est une conséquence, plutôt qu'une cause, du déficit attentionnel contralésionnel ; l'attention vers la droite est biaisée seulement parce que le processus d'orientation vers la gauche est hypoactivé. Ce type d'interprétation correspond plus au modèle de Heilman et Valenstein (1979).

A côté de ces deux approches théoriques se contredisant sur une hypoattention gauche ou une hyperattention droite, on trouve le modèle de Posner (80) dont l'explication de la NSU peut tout de même se rapprocher de celle proposée par Kinsbourne.

1.3. Modèle de l'orientation de l'attention (Posner, 80).

L'orientation de l'attention spatiale peut être perturbée par une atteinte de l'une de ses composantes :

- une altération des processus d'engagements de l'attention pouvant provenir d'une lésion du noyau pulvinar.
- un déficit dans le mouvement, le déplacement de l'attention impliquant le colliculus supérieur.
- un déficit dans le désengagement de l'attention qui est engendré par une lésion du cortex pariétal.

L'orientation de l'attention suppose en fait que l'attention se détache d'une localisation précise pour aller se fixer vers un nouvel endroit.

A partir de son expérience sur les détections de cibles avec indiçage valide ou non-valide (figure 5), Posner a pu tester ces différents processus de l'attention chez des patients négligents. L'auteur en déduit que la NSU gauche observée à la suite de lésions pariétales droites s'explique par un déficit du désengagement de l'attention de la droite, provoquant une sorte d'aimantation vers la droite. La NSU correspond donc à un déficit électif du désengagement ipsilésionnel, afin d'orienter l'attention du côté contralésionnel. Les patients ne présenteraient pas un déficit de l'attraction de leur attention vers le côté controlatéral mais ils auraient des difficultés à orienter leur attention vers ce côté controlatéral lorsqu'elle est déjà localisée du côté ipsilatéral. Ce modèle insiste donc sur l'orientation automatique de l'attention et non plus uniquement sur l'orientation volontaire.

Le paradigme de Posner a été développé pour étudier l'orientation implicite de l'attention. Le protocole se caractérise par l'apparition de trois carrés placés horizontalement ;

le sujet fixe le carré central et doit répondre à l'apparition d'une cible dans l'un des carrés latéraux. La cible est précédée d'un indice indiquant l'un des deux carrés latéraux. L'indice peut être central et correspondre à une flèche dans le carré central, ou périphérique et correspondre à la surbrillance d'un carré latéral. Les indices valides prédisent le carré d'apparition de la cible, contrairement aux indices invalides. Les sujets normaux sont avantagés par les cibles valides. Ceci signifie que l'indice provoque l'orientation de l'attention vers la localisation indiquée, ce qui accélère le traitement de cette cible et ralentit les réponses aux cibles apparaissant à une autre localisation. Les indices sont informatifs lorsqu'ils sont valides dans une large majorité (mécanisme endogène d'orientation) et peuvent être non-informatifs lorsqu'ils sont autant valides qu'invalides ; ils attirent alors l'attention de façon exogène.

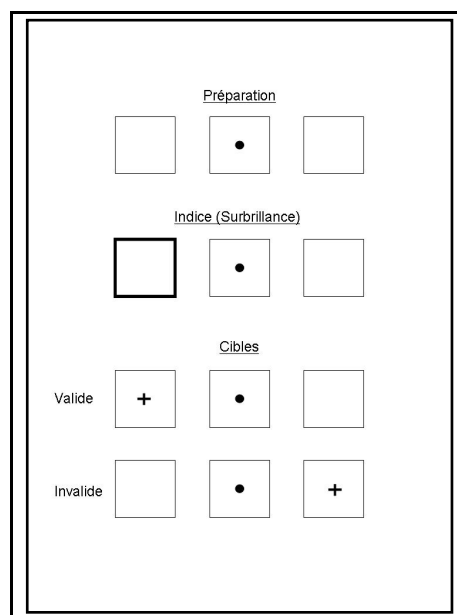


Figure 5 : Expérience de détection d'une cible visuelle avec indicage spatial de Posner, 1980. Le sujet fixe le point central et un carré latéral s'allume en surbrillance afin d'attirer l'attention (indice). La cible à détecter peut apparaître dans ce même carré (valide) et sera plus rapidement détectée qu'une cible apparaissant dans le carré opposé (invalid).

Tous ces modèles abordent donc différemment les troubles attentionnels qui pourraient expliquer la NSU. Grâce à ces diverses approches, la piste attentionnelle est bien entamée mais le problème de la NSU n'est pas encore résolu.

2. Modèle représentationnel (Bisiach, 93 ; Bisiach et al., 81; Bisiach et Luzzati, 78)

Les approches représentationnelles de la négligence postulent la reconstruction mentale d'une carte de l'espace. Ce type d'approche propose que le syndrome de négligence unilatérale n'est pas limité au monde externe mais peut également se manifester pour l'espace représenté. Plusieurs études mettent en effet l'accent sur le fait que la NSU peut affecter la mémoire spatiale rétrograde et antérograde. Le trouble se caractérise alors par un appauvrissement des représentations internes, en particulier dans la partie négligée. Le phénomène de négligence traduirait une distorsion de la carte centrale des informations spatiales. Bisiach et ses collègues ont démontré l'existence d'une NSU dans des tâches d'imagerie visuelle.

Bisiach et Luzzati (1978) ont demandé à leurs patients, originaires de la ville de Milan, de décrire les magasins et autres centres d'intérêt que l'on peut voir sur la Piazza del Duomo, une vaste place de Milan qui domine une cathédrale gothique. Les auteurs observent que les patients négligents font une description extrêmement lacunaire dans la partie gauche alors que la partie droite est évoquée de manière satisfaisante. La représentation semble intacte, mais son évocation est mutilée dans la région située à la gauche du point de vue du patient.

On peut citer un autre type de tâche (Bisiach, Luzzati et Perani, 1979) qui consiste à présenter au sujet des stimuli en forme de nuage, qui ne sont visibles que lorsqu'ils se déplacent derrière une fente étroite. Les sujets doivent dire si deux stimuli, présentés séquentiellement, sont identiques ou bien différents. Pour ce faire, l'observateur doit reconstruire une image mentale du stimulus. Plusieurs patients négligents ont fait significativement plus d'erreurs dans lesquelles ils ont prétendu que les stimuli étaient identiques alors qu'ils différaient dans leur partie gauche.

Une autre interprétation de type représentationnelle a été proposée par Beschin et al. (1997), où les patients auraient un déficit de leur mémoire de travail visuo-spatiale ; ils auraient des difficultés à générer et maintenir la représentation mentale visuelle temporaire ou à extraire l'information à partir de la représentation, et ceci indépendamment d'un déficit dans le système perceptif. Mais cette approche est discutée.

Toutefois, certaines études remettent en cause cette hypothèse représentationnelle de la négligence et suggèrent davantage une interprétation en termes de déficit attentionnel. En effet, Chokron, Colliot et Bartolomeo (2004) ont montré que la suppression du contrôle visuel permet l'amélioration des performances des patients négligents lors d'épreuves de dessins de mémoire. Les auteurs suggèrent que l'orientation de l'attention sous contrôle visuel pourrait

influencer l'imagerie spatiale, étant donné que la suppression de l'entrée visuelle est en mesure d'améliorer la négligence lors d'épreuves de représentation spatiale. On peut également citer l'étude de Bartolomeo, Bachoud-Lévi, Azouvi et Chokron (2005) visant à explorer la négligence de l'imagerie mentale, lors d'une épreuve de localisation de villes sur une carte de France. Leurs résultats ne sont alors pas en faveur d'une perte des représentations mentales du côté gauche chez les patients négligents mais plutôt d'un manque d'efficacité du mécanisme d'exploration au sein de cet hémiespace.

Outre les interprétations en termes de déficit attentionnel et représentationnel, il existe un autre modèle inspiré des stimulations sur la structure de la représentation égocentrique de l'espace (stimulation vestibulaire calorique, optocinétique,...)

3. Modèle référentiel (Jeannerod et Biguer, 87, 89 ; Karnath, 94, 97)

La notion de référentiel égocentrique implique la transformation des coordonnées purement rétinocentriques d'une cible en coordonnées égocentriques, c'est-à-dire centrées sur le corps du sujet (Chokron et Bartolomeo, 2000). La référence égocentrique constituerait l'axe médian du système de coordonnées (axe sagittal chez le sujet normal), nous permettant de diviser l'espace en hémiespaces gauche et droit, et de diriger nos actions dans l'espace extra-corporel (Jeannerod et Biguer, 1987).

Chez les patients négligents, la lésion cérébrale (cortex pariétal postérieur semble largement impliqué dans l'élaboration d'une représentation de l'espace en coordonnées égocentriques ; Andersen et al., 1985) serait à l'origine du déplacement de la référence égocentrique vers le centre de l'hémiespace ipsilatéral à la lésion. On peut observer ce phénomène lors de l'examen de patients qui révèle souvent une déviation du regard, un biais dans le pointage vers une cible ou dans les mouvements de préhension, du côté ipsilésionnel. Karnath (1994, 1997) en déduit que les patients négligents présenteraient une altération de la représentation centrale de l'espace égocentrique prenant la forme d'une déviation ipsilésionnelle de la référence. Pour cet auteur, la déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique serait la cause principale de la NSU. Mais il est nécessaire de nuancer cette affirmation puisque des auteurs tels que Bartolomeo et Chokron (1999a) concluent que la référence égocentrique ne joue pas un rôle crucial dans les conséquences comportementales dues à un biais spatial induit par une lésion de l'hémisphère droit. Les auteurs pensent en effet

qu'il n'existe pas de relation causale entre la position de la référence égocentrique et la négligence gauche. Cette déviation de la référence égocentrique pourrait être une manifestation du comportement négligent (Chokron et Bartolomeo, 1999 ; Chokron, 2003 ; Chokron et al, 2007).

Une étude de Bartolomeo, D'Erme, Perri et Gainotti (1998) a largement évalué le champ de la perception et de l'action dans la NSU. Les auteurs concluent, très globalement, que la NSU est un désordre complexe résultant de l'interaction entre de multiples déficits attentionnels et des mécanismes compensateurs (Bartolomeo, 1997). Ce sont ces aspects attentionnels qui vont maintenant nous intéresser tout particulièrement.

IV- Négligence spatiale et variabilité

De très nombreuses études se sont intéressées à la NSU afin d'en éclaircir les mécanismes et surtout d'établir un modèle théorique explicatif mais les déficits sous-jacents à la négligence ne sont pas encore aujourd'hui clairement définis. La plupart de ces études (Chokron, Bernard et Imbert, 1997 ; Bartolomeo, 1997 ; Harvey, Milner et Roberts, 1995 ; Schweinberger et Stief, 2001) retrouve les variabilités propres à la NSU sans pour autant les considérer davantage et en faire un objet d'étude propre. Il est plutôt d'usage, dans la démarche de recherche expérimentale, d'attribuer la variabilité observée aux erreurs de mesure ou à des bruits parasites, dénuée de toute nature informative, or notre pensée s'oriente ici vers l'idée que la variabilité peut justement être elle-même source d'information. On peut considérer que la variabilité est un mode spécifique de réponse et que la variabilité peut également s'avérer elle-même inconstante car influencée par les changements contextuels et environnementaux.

La réalisation d'une revue bibliographique exhaustive, nous montre que déjà des auteurs comme Riddoch et Humphreys (1983) ont observé de la variabilité dans les performances des patients négligents en tâches de bissection de lignes. Ces variations individuelles sont également abordées et objectivées dans les études de Halligan, Manning et Marshall (1990) mais aussi de Marshall et Halligan (1989). On peut aussi nommer l'article de Chatterjee (1994) qui décrit les performances variables d'un patient négligent, ce dernier plaçant des objets à gauche et parfois à droite lorsqu'il cherche à les centrer.

Cette notion de variabilité paraît donc inhérente au comportement des patients négligents mais le contexte joue un rôle fondamental dans l'expression de la négligence. En effet, il a été montré que le comportement exploratoire des patients négligents peut considérablement varier en fonction du type de la tâche spatiale (Karnath et Niemeier, 2002 ; Kerkhoff, 2000 ; Azouvi et al., 2002).

Comme nous l'avons déjà vu précédemment, c'est l'observation de la variabilité des réponses fournies pour un même patient négligent, mais également l'hétérogénéité des profils entre les patients, qui nous a conduit à évoquer cette hypothèse d'une variabilité perceptive au niveau de l'hémiespace gauche, sachant que cette inconstance aurait pour conséquence de générer une variabilité observable et objectivable.

Le comportement d'un patient négligent ne se caractérise donc que rarement par un pattern de performances en tout ou rien, mais bel et bien par des réponses possibles au sein de l'hémiespace négligé en fonction du contexte, du cadre de référence et de la réponse demandée. Il est également intéressant de noter que les variabilités d'expression du trouble (inter individuelles et intra individuelles) sont d'autant plus importantes que la négligence est sévère.

Il nous a alors paru opportun d'établir un lien entre le concept d'inconstance de la perception et les variabilités observées dans l'expression de la NSU. Nous supposons donc que la grande variabilité des performances obtenue par un patient négligent traduirait en fait une inconstance perceptive ; une absence d'invariants au niveau de l'hémiespace ignoré engendrerait une perception anarchique et imprévisible des stimuli. C'est donc bien cette variabilité, s'exprimant par une inconstance des réponses, qui nous conduit à émettre l'hypothèse que l'hémiespace ignoré serait dépourvu d'invariants, altérant alors le traitement cognitif des informations de sa provenance et débouchant finalement sur l'ignorance de ces informations perceptives inconstantes. Anderson et al. (2000) démontrent que l'altération des performances chez les sujets négligents reflète une performance inconstante et non pas une incapacité à effectuer normalement la tâche. Il s'agirait en fait d'une incapacité à détecter et répondre de façon invariable. Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix (2001) se sont appuyés sur ces données pour suggérer et vérifier une augmentation de variabilité (maximale pour l'hémiespace gauche) lorsque l'attention est biaisée de façon exogène, soutenant ainsi les modèles de la négligence se référant à un biais de l'orientation exogène de l'attention dans l'espace. L'existence de troubles attentionnels chez les patients négligents étant aujourd'hui

admise, nous pouvons nous interroger sur les rapports de cause à effet entre la variabilité perceptive et les comportements attentionnels altérés observés dans la NSU.

V- Déficit d'orientation exogène versus endogène de l'attention

Bien que les déficits cognitifs puissent correspondre à différents niveaux d'atteintes chez chaque patient négligent (Bartolomeo et Chokron, 2001), il semble malgré tout ressortir un consensus de l'ensemble des études suggérant l'importance des fonctions attentionnelles dans l'explication théorique de la négligence (Bartolomeo et Chokron, 2002). La plupart des hypothèses attentionnelles postulent un déficit de l'orientation spatiale de l'attention sélective chez les patients négligents. Le concept d'attention sélective spatiale renvoie à la capacité de se concentrer, se fixer, sur une aire de l'espace visuel afin de faciliter la détection d'une cible (Posner et Petersen, 1990). Ce mécanisme permet à l'organisme de sélectionner une partie de l'information qui est enregistrée par les sens, pour le traitement et l'action ; le bénéfice s'exprime en termes de rapidité et d'exactitude de traitement des objets survenant dans une région attendue de l'espace comparativement aux objets localisés dans une région inattendue (Posner, 1980). Ce phénomène est associé à une dissociation fondamentale décrite dans nombre des modèles d'attention sélective (Desimone et Duncan, 1995) entre une orientation exogène versus endogène de l'attention c'est-à-dire des mouvements attentionnels induits par le stimulus ou dirigés par l'individu. L'orientation exogène de l'attention correspond à un processus automatique, réflexe et passif. C'est l'objet extérieur qui va attirer de façon réflexe l'attention. Par contre, la notion d'orientation endogène de l'attention implique un processus volontaire et actif. L'individu dirige lui-même son attention vers un type d'information ; c'est lié à son intention. Ces deux mécanismes sont donc en interaction durant l'exploration visuelle de l'environnement. Plusieurs études récentes émettent l'hypothèse que le mécanisme à l'origine du comportement négligent pourrait correspondre à un déficit de l'orientation exogène de l'attention vers les cibles situées à gauche alors que le processus endogène semblerait relativement préservé, même s'il est ralenti (voir Bartolomeo et Chokron, 2002, pour une revue).

En effet, Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix (2001) évoque un modèle théorique explicatif de la négligence se référant à un biais de l'orientation exogène de l'attention, ce qui pourrait, selon eux, être responsable de la variabilité des TRs souvent observée chez les patients négligents (Anderson et al, 2000). Une sorte de gradient de performance impliquerait

une capture attentionnelle moins probable des stimuli visuels plus ces derniers apparaissent du côté gauche. Ces mêmes auteurs (Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001) ont spécifiquement testé les processus endogène et exogène de l'attention chez les patients négligents et constatent donc une altération de l'orientation exogène mais également des capacités pour orienter l'attention endogènement relativement intactes ; ces dernières étant simplement ralenties.

De la même façon, Vecera et Flevaris (2005) se sont interrogés sur la nature endogène ou exogène du déficit attentionnel rencontré chez les patients négligents et plus précisément suite à une lésion du lobe pariétal. Les auteurs utilisent la tâche de détection visuelle indicée de Posner (Posner, 1980 ; Posner et Cohen, 1984 ; Posner, Snyder et Davidson, 1980) afin de simuler le comportement des patients avec lésion pariétale chez des sujets normaux, ceci dans l'objectif d'explorer les paramètres du contrôle attentionnel. Leurs résultats confirment la perturbation de l'orientation exogène de l'attention suite à une lésion du lobe pariétal. Ce même protocole de Posner a également été utilisé par Ladavas et coll (1994) pour étudier spécifiquement les désordres au niveau des mouvements attentionnels des patients négligents. L'orientation volontaire et l'orientation réflexe de l'attention sont testées grâce à des indices centraux et périphériques. Les indices centraux pointant vers la gauche (orientation endogène) permettent de diminuer le nombre d'omissions des cibles gauche chez les patients négligents alors que les indices périphériques présentés dans l'hémichamp gauche (orientation exogène) n'ont pas d'effet significatif sur l'exactitude des réponses. On retrouve donc là encore le déficit d'orientation induite par des stimuli externes dans le champ visuel opposé à la lésion chez les négligents.

VI- Manipulations expérimentales de l'orientation de l'attention visuelle

1. Probabilité d'apparition des cibles visuelles

Comme nous l'avons vu précédemment, le type de présentation des stimuli ainsi que le mode d'exploration attentionnel de l'espace vont générer un processus spécifique d'orientation de l'attention visuelle. Il est en fait possible de manipuler les mouvements attentionnels des sujets à l'aide de protocoles expérimentaux, en intervenant notamment sur les attentes de ces sujets. Cette manipulation peut par exemple s'effectuer en utilisant la probabilité d'apparition des cibles. On entend par là la distribution d'un point de vue

quantitatif des cibles entre les deux hémichamps, gauche et droit. Il s'agit de faire varier la fréquence d'apparition des cibles afin d'orienter l'attention vers une localisation. Ce type de manipulation expérimentale peut s'effectuer avec la participation consciente des sujets ou en s'abstenant de leur faire part explicitement du protocole. En bref, le sujet devrait donc diriger, de façon explicite ou implicite, son attention vers un emplacement en fonction de la distribution de probabilité des cibles. L'introduction de ce type de variables a pour effet d'influencer les attentes et donc la préparation des sujets en tâche de détection de cibles. Un observateur a des TRs visuels plus rapides pour détecter une cible visuelle à une localisation attendue qu'à un emplacement inattendu (Posner, Snyder and Davidson, 1980). Les TRs seront en effet ralentis lorsque la cible apparaît à une localisation contralatérale à l'attente. Hughes et Zimba (1985) retrouvent cet effet facilitateur pour des cibles attendues, cet effet ne s'appliquant pas lorsque toutes les localisations attendues et inattendues se situent dans le même hémichamp. Seul l'emplacement contralateral symétrique en miroir à l'attente produit des TRs lents. L'orientation de l'attention visuelle spatiale à une localisation spécifique peut donc être facilitée (en terme de TRs) ou optimisée par l'aspect attendu des cibles dans une tâche visuelle (Shaw et Shaw, 1977 ; Hoffmann et Kunde, 1999 ; Handy et al., 2001).

Une cible attendue correspond en fait à l'apparition à une localisation où il y a habituellement une cible et inversement pour la cible inattendue. Ce phénomène induit donc la notion de probabilité dans l'apparition des cibles.

Utilisant le même type de paradigme que Ladavas et coll (1994), mais uniquement avec des indices périphériques, Bartolomeo, Decaix et Siéroff (2007) font varier la prédictibilité de l'indice périphérique en manipulant la proportion de ce dernier, c'est-à-dire 80% valide-20% invalide ou 50% valide-50% invalide ou encore 20% valide-80% invalide, entre l'hémiespace gauche et droit. La condition où la plupart des cibles étaient invalides (80%) prédisait que la cible devait apparaître dans le carré opposé à celui indicé. Dans cette condition, les auteurs ont fait l'hypothèse que les indices devraient normalement provoquer une orientation exogène initiale vers le carré indicé, suivi plus tard par une inhibition de ce déplacement exogène, pour être remplacé par un mouvement endogène vers le carré non indicé. Dans cette condition, les patients négligents étaient capables d'invalider leur asymétrie spatiale et atteignaient leurs TRs les plus rapides pour des cibles gauches. Globalement, ces résultats confirment que l'orientation endogène est relativement préservée, alors que l'orientation exogène s'avère fortement biaisée vers le côté droit.

Miller (1988) a modulé l'occurrence des cibles dans différents emplacements en changeant leur probabilité d'apparition. Il a distribué la localisation des cibles avec une haute

ou une égale probabilité entre plusieurs endroits. Les sujets montrent une facilitation, une meilleure détection des cibles (plus rapide ou plus juste), en cas de haute probabilité. L'auteur explique cet effet en supposant que la haute probabilité agit comme un indice attentionnel, conscient ou inconscient, et génère une concentration du traitement perceptif vers la localisation spatiale de la cible. Dans leur étude, Carreiro, Haddad et Baldo (2003) ont utilisé le même principe expérimental : des manipulations de la probabilité spatiale du stimulus pour examiner les modulations des TRs. Ils confirment l'accroissement de la facilitation (TRs courts) avec l'augmentation de la probabilité spatiale, agissant comme un amorçage pour la position.

Comme l'ont fait remarquer Miller (1988) et Geng et Behrmann (2005), la disparité dans la probabilité de localisation du stimulus peut aussi agir comme un indice attentionnel. Une fois la distribution de probabilité de localisation découverte, les sujets attribuent sans doute plus de leurs ressources à la localisation favorisée par une haute probabilité de la cible (Shaw, 1978 ; Shaw et Shaw, 1977).

Dans une étude employant de simples TRs pour des stimuli visuels latéralisés, Smania et al. (1998) montrent que les patients négligents ont des TRs plus rapides pour les deux hémichamps quand le côté de présentation du stimulus était prédictible comparativement à une situation où les stimuli étaient présentés au hasard.

Comme nous l'avons déjà vu, cette capture attentionnelle exogène peut être modulée en introduisant une variabilité dans l'apparition des cibles ; nous pouvons alors nous interroger sur l'influence d'une telle manipulation chez les patients négligents. Geng et Behrmann (2002) ont examiné si la fréquence d'apparition des cibles à un endroit pouvait changer le comportement attentionnel des participants. En fait, les auteurs évaluent les changements comportementaux de sujets normaux et de patients négligents pour une tâche de recherche visuelle. Cette tâche introduit implicitement une variabilité dans la probabilité des localisations des cibles ; plus concrètement, la manipulation de la probabilité implique que les cibles peuvent apparaître également entre les hémispaces gauche et droit (autour du point central de fixation), ou plus souvent sur un côté. Leurs résultats montrent un effet de la distribution de probabilité sur le comportement des sujets normaux mais aussi pour les patients négligents. Il est intéressant de voir cet effet même quand la cible apparaît dans l'hémiespace négligé. L'orientation attentionnelle était donc influencée implicitement par la probabilité de localisation des cibles : amélioration des performances quand les cibles apparaissent dans la plus probable région de l'espace.

2. Manipulation de la probabilité d'apparition et des caractéristiques des cibles visuelles

Compte tenu de la possibilité d'induire un net biais du traitement visuel grâce aux probabilités spatiales dirigeant la localisation des cibles, nous avons manipulé la probabilité d'apparition des cibles à une localisation spatiale précise mais nous pensons également ajouter des changements perceptifs dans l'apparition de ces cibles. Nous supposons en effet qu'une faible probabilité spatiale peut produire un coût attentionnel et nous souhaitons aussi introduire des changements perceptifs afin d'augmenter les irrégularités. Downing (1988) a étudié les interactions entre les attentes spatiales et les changements perceptifs ; l'auteur a constaté un effet de fréquence du en partie aux changements de qualité du codage perceptif et suggère que les informations concernant l'orientation et la forme de la cible peuvent être susceptibles de générer de la confusion spatiale.

Suggérant que les connaissances préalables (permises par une haute probabilité spatiale) sur le stimulus peuvent influencer le traitement sensoriel, Ciaramitaro, Cameron et Glimcher (2001) ont essayé de déterminer si ces connaissances préalables sur la probabilité spatiale pouvaient guider les sujets pour allouer leurs ressources perceptives. Les auteurs observent en effet que ces connaissances préalables peuvent influencer la sensibilité perceptive. En fait, la manipulation de ces connaissances qu'a le sujet sur la structure de la probabilité spatiale conduit à apprendre la façon optimale d'attribuer les ressources perceptives et donc à distribuer l'attention spatiale de manière à réguler, et surtout améliorer, la sensibilité perceptive. Se basant sur cette découverte, nous supposons qu'il peut être possible d'utiliser l'effet inverse, c'est-à-dire des données imprévisibles se caractérisant par des variations de qualité des cibles, afin de perturber l'affectation de l'attention spatiale.

3. Perturbation du comportement exploratoire du sujet sain

La compréhension de la négligence peut passer par la création d'un biais similaire chez le sujet sain. Il peut en effet être théoriquement intéressant de générer un comportement négligent chez des sujets sains. Plusieurs études ont d'ailleurs déjà été utilisées afin d'induire un comportement similaire aux patients négligents chez le sujet normal. En admettant l'idée que l'hémisphère droit est spécialisé pour les fonctions visuo-spatiales (voir Benton et Travel, 1993 pour revue), la création d'un tel comportement pathologique chez le sujet normal semble dépendre d'une intervention sur les effets de l'hémisphère droit durant la tâche effectuée. Plus

précisément, on trouve parmi ces techniques les stimulations sensorielles (vibrations des muscles du cou, stimulations caloriques vestibulaires ou les stimulations optokinétiques, Karnath, Sievering and Fetter, 1994; Mattingley, Bradshaw and Bradshaw, 1994) et les stimulations magnétiques transcrâniennes (Thut, Nietzel and Pascual-Leone, 2005) mais aussi la procédure d'adaptation prismatique qui parvient à simuler plusieurs symptômes de la négligence (voir pour revue Michel, 2006). L'adaptation à un prisme deviant à gauche produit chez le sujet normal un biais vers le côté droit en réponse, ce qui signifie qu'une adaptation sensori-motrice de bas niveau peut jouer un rôle important dans l'organisation de l'hémisphère droit pour la cognition spatiale (Michel et al., 2003). En fait, toutes ces techniques utilisent des traitements sensori-moteurs afin de perturber des mécanismes cognitifs de haut niveau. En revanche, dans notre étude, la tâche de détection visuelle n'implique que des changements et des modulations de l'orientation de l'attention, ce qui, nous le pensons, peut potentiellement générer un comportement similaire aux patients négligents chez les sujets sains, simplement en manipulant cette attention spatiale.

VII- Rôle de l'anosognosie

Comme dans l'étude de Geng et Behrmann (2002), notre recherche utilise un processus à long terme qui reflète la probabilité statistique pour qu'une cible se trouve à une localisation spécifique au travers de l'ensemble des essais. Ces auteurs constatent que les sujets sains sont plus rapides pour répondre aux cibles présentées avec une haute probabilité spatiale comparativement à une faible probabilité de localisations ou à la condition contrôle. Les auteurs ont également proposé leur expérience à un groupe de patients présentant une négligence et leurs résultats montrent que malgré le déficit attentionnel, les patients étaient capables d'exploiter les contingences de localisation des cibles dans la même mesure que les sujets normaux. Cependant le biais attentionnel typique de la négligence avait persisté.

En effet, plusieurs études qui ont manipulé l'attente d'une localisation spatiale pour une cible imminente, ont vérifié l'amélioration des performances consécutive à la nature prévisible du côté d'apparition de la cible, mais sans disparition de l'asymétrie inter-hémichamp pour la distribution attentionnelle des patients négligents (Natale, Posteraro, Prior and Marzi, 2005; Smania et al., 1998). D'Erme et al. (1992) proposent que ce déséquilibre pour l'attribution des ressources attentionnelles entre les deux hémichamps est essentiellement lié à l'orientation exogène de l'attention. Les patients négligents ne sont en

effet pas capables de diriger leur attention en direction du côté gauche de façon exogène, mais ils y parviennent de manière volontaire (Ladavas et al., 1994). Il est d'usage de dire que la négligence se caractérise par une réduction de la perception, de l'action et des traitements attentionnels orientés vers l'espace contralésionnel, sachant que les patients négligents sont incapables de compenser ce trouble par une orientation volontaire et spontanée de l'attention. Ce comportement pathologique peut trouver une explication dans l'expression systématique de l'anosognosie. Il peut donc plutôt s'agir de la conséquence d'une méconnaissance du déficit d'exploration spatiale que d'une véritable incapacité. Cette hypothèse est corroborée par la démonstration, déjà évoquée, de Bartolomeo, Sieroff, Decaix et Chokron (2001), selon laquelle les patients négligents présentent une altération de l'orientation exogène alors que l'orientation endogène, c'est-à-dire volontaire, est relativement épargnée.

VIII- Corrélations anatomo-cliniques du trouble attentionnel dans la NSU

Tout individu doit être capable de déplacer son attention visuelle vers une localisation spécifique du champ visuel afin de faciliter et d'optimiser le traitement des stimuli apparaissant à l'endroit attendu. Comme nous l'avons déjà vu, lors d'une tâche d'orientation de l'attention visuelle durant laquelle les sujets répondent à des cibles indicées ou non sans saccades oculaires (Posner, 1980), des lésions du lobe pariétal induisent un déficit de désengagement de l'attention visuelle de la localisation indicée (Posner, Walker, Friedrich and Rafal, 1984, 1987). Des études utilisant la technique de stimulation magnétique transcrânienne ont également montré qu'une lésion temporaire du cortex pariétal altère la détection de stimuli visuels contralatéraux à l'hémisphère stimulé, ou peut engendrer une négligence contralatérale chez des sujets sains (Hilgetag, Théoret, Pascual-Leone, 2001 ; Bjoertomt, Cowey, Walsh, 2002). Le cortex pariétal semble donc jouer un important rôle dans le déplacement de l'attention spatiale.

Cependant, les études de neuro-imagerie fonctionnelle ont montré qu'un large réseau neuronal impliquant les aires frontale, pariétale et cingulaire est engagé dans l'attention visuelle spatiale (Yantis et al, 2002 ; Gitelman et al., 1999), chaque région ayant des fonctions spécifiques. En effet, l'aire frontale semble responsable du programme moteur pour le comportement exploratoire, le cortex pariétal postérieur permet lui la représentation sensori-motrice de l'espace et enfin, le cortex cingulaire semble contrôler la distribution spatiale des attentes et des intérêts motivants.

Au niveau du lobe pariétal, deux réseaux neuronaux distincts ont été identifiés pour générer deux types de signaux attentionnels : tout d'abord celui émanant du stimulus (bottom-up) et de ses propriétés intrinsèques, et ensuite celui résultant de la volonté propre de l'observateur (top-down).

La capture attentionnelle induite par la pertinence du stimulus lui-même semble impliquer la jonction temporo-pariétale. A cette fonction s'ajoute un rôle important de la jonction temporo-pariétal pour répondre à un événement potentiellement nouveau, c'est-à-dire inattendu ou peu fréquent (Downar et al, 2002).

Lorsque le signal attentionnel émane de l'observateur lui-même, ce sont les régions du lobe pariétal supérieur et du precuneus qui sont activées (Yantis et al, 2002 ; Giesbrecht et al, 2003). Il est également intéressant pour notre étude d'évoquer l'activation du lobe pariétal supérieur en cas de mouvements de l'attention induits par différentes dimensions de l'entrée sensorielle, et notamment pour des changements dus à deux différents traits caractéristiques d'un objet (Liu et al, 2003). Notons également qu'un rôle important du lobe pariétal supérieur pour les mouvements attentionnels, et notamment pour des patterns prédictifs, a déjà été démontré par Corbetta et ses collaborateurs en 1993.

Le modèle attentionnel de Corbetta et Shulman (2002) souligne le rôle central du lobe pariétal dans le contrôle top-down de l'attention pour la sélection des cibles désignées (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy, et Shulman, 2000). La détection d'une cible peu fréquente se fait grâce à l'interaction des mécanismes de contrôle top-down de l'attention, sous-tendus par les régions pariétales supérieures, et un mécanisme bottom-up, c'est-à-dire un traitement dirigé par le stimulus, dépendant de la jonction temporo-pariétale. Leur modèle suggère également que cette jonction temporo-pariétale (région pariétale inférieure) participe à la fonction de « disjoncteur », qui permet une réorientation de l'attention et de ce fait la détection d'une cible nouvelle et inattendue. C'est pourquoi, une lésion de la région pariétale peut interrompre le traitement des cibles anticipées mais aussi celui des stimuli inattendus. Les auteurs signalent également que ce réseau cortical ventral, incluant la jonction temporo-pariétale et le cortex frontal ventral, est fortement latéralisé au niveau de l'hémisphère droit alors que le réseau dorsal fronto-pariétal est impliqué dans le contrôle top-down de l'attention et largement bilatéral. Une responsabilité dans l'orientation exogène de l'attention avait alors été attribuée au réseau ventral. Cependant, Kincade et al. (2005) ont rejeté cette hypothèse, ne retrouvant pas d'activation de la jonction temporo-pariétale du système ventral pour un mécanisme exogène d'orientation de l'attention. Il semblerait plutôt que l'orientation exogène de l'attention mobilise le même réseau dorsal fronto-pariétal, qui répond aux attentes et est

responsable de l'orientation endogène. En fait, la distinction entre une orientation exogène et endogène ne correspondrait pas à des systèmes neuronaux différents (Corbetta, Patel et Shulman, 2008).

Les lésions qui engendrent une négligence spatiale correspondent souvent à une atteinte du réseau ventral sans détérioration du réseau dorsal (Corbetta et al., 2005; Husain et Rorden, 2003). He et al. (2007) déclarent que la négligence reflète un dysfonctionnement de ces deux réseaux fronto-pariétaux impliqués dans le contrôle de l'attention. L'équipe de chercheurs de Corbetta (2005) démontre en fait qu'une atteinte structurelle du réseau ventral peut conduire à un déficit fonctionnel des zones pariétales postérieures du réseau dorsal. Il est donc proposé que la négligence peut être la conséquence d'une conjonction de déficits, structurels et fonctionnels, des réseaux, ventral et dorsal, fronto-pariétaux de l'attention. Cette interprétation peut alors fournir une explication à la manifestation habituelle des patients négligents, de troubles spatiaux latéralisés et non latéralisés. En effet, le réseau dorsal contrôle l'attention spatiale avec un biais controlatéral alors que le système ventral est impliqué dans les fonctions attentionnelles non latéralisées. Des lésions de l'hémisphère droit sont susceptibles de perturber le réseau ventral, et de fait, ses connexions avec le réseau dorsal, via la substance blanche intra-hémisphérique, ce qui pourrait causer un déséquilibre fonctionnel au niveau du cortex pariétal postérieur, et qui engendrerait, secondairement, un biais vers la droite associé à des déficits de détection dans l'hémiespace gauche.

L'imagerie cérébrale a également montré une activation du cortex pariétal postérieur durant une tâche de recherche visuelle de cibles définies par un ensemble de traits ; il est en fait possible de supposer que le cortex pariétal participe à l'orientation de l'attention spatiale pour l'intégration des traits (Corbetta et al., 1995). Nobre et al. (2003) proposent que le cortex pariétal est impliqué dans les deux mécanismes d'attention spatiale et d'association des traits, mais ils expliquent que l'activité pariétale est surtout sensible au degré d'efficacité d'une tâche visuelle mais moins sensible à la nécessité de lier, d'intégrer différents types de caractéristiques. En fait, leurs données confirment l'implication des aires pariétales lors d'une recherche visuelle inefficace ou désorganisée, mais suggèrent que l'intégration des traits n'est pas un facteur nécessaire à leur activation. Le cortex pariétal semble plus responsable des fonctions attentionnelles utilisées pour l'intégration des traits que pour les autres types d'analyses perceptives permettant l'identification de cibles.

IX- Objectifs de l'étude

Le but de cette étude est d'examiner l'effet d'une variabilité dans la probabilité de localisation des cibles entre les deux hémiespaces, chez les sujets normaux mais aussi les patients négligents. Nous cherchons, plus précisément, à explorer le comportement attentionnel des patients négligents dans leur hémiespace gauche mais aussi droit, et peut être influencer (et même réduire) le biais attentionnel typiquement observé grâce à la manipulation des mouvements exogènes de l'attention. Nous supposons une perturbation de l'attention visuelle spatiale pour les sujets normaux après introduction d'une variabilité implicite de l'apparition des cibles et peut être l'obtention d'un pattern de performances similaire à celui des patients négligents pour une tâche de détection visuelle. Il sera enfin intéressant d'examiner grâce à ce protocole la constance des réponses fournies par les deux groupes de participants.

✱ Afin d'explorer le comportement des patients négligents et surtout de constater la variabilité de ces patients pour répondre aux sollicitations environnantes, nous avons tout d'abord proposé aux sujets de l'expérience un protocole de détection visuelle de cibles sans indiçage. Cette simple tâche de détection permet donc la mesure des temps de réaction et de la constance des réponses pour une orientation exogène de l'attention (expérience 1).

✱ C'est sur la base de ce protocole expérimental, inspiré de la tâche de détection de cibles de Posner, que nous avons manipulé l'apparition des cibles afin d'introduire de la variabilité perceptive. La première expérience de variabilité associe plusieurs facteurs de changements perceptifs et cette alliance a pour but d'augmenter l'inconstance dans la réception des cibles à détecter. Le but est en fait de gêner le sujet dans sa quête de règle qui lui permettrait d'optimiser ses réponses. Il est possible de séparer ces manipulations en deux grandes orientations : la manipulation de la probabilité spatiale d'apparition des cibles et la manipulation des caractéristiques perceptives des cibles (expérience 2).

✱ Toutes ces manipulations étant mêlées pour notre deuxième expérience, il n'était alors pas possible d'imputer la part de responsabilité de chaque manipulation expérimentale aux biais comportementaux engendrés. En d'autres termes, il était difficile de savoir qui de la probabilité d'apparition des cibles ou des changements de traits de la cible avait le plus d'influence sur le comportement des sujets. Seule la passation de deux nouvelles expériences,

l'une consacrée à la fréquence d'apparition des cibles et l'autre aux changements perceptifs des cibles à détecter, pouvait isoler les effets de chacune de ces variables. C'est donc la vocation des expériences 3 et 5.

✱ Afin d'étudier le rôle des facteurs directionnels sur l'orientation de l'attention et sa variabilité, nous avons procédé à la passation des expériences à des sujets israéliens, lecteurs de la droite vers la gauche (expérience 4). Puisque les patients négligents manifestent une modification de la directionnalité, se traduisant alors par une exploration visuo-spatiale de la droite vers la gauche, nous avons discuté le pattern de performances des sujets israéliens dans le cadre théorique de cette pathologie. Nous nous interrogeons en effet sur le rôle de la directionnalité sur la variabilité attentionnelle.

✱ Compte tenu de l'hétérogénéité des signes de négligence et de la variabilité des performances (Anderson et al., 2000 ; Siéroff et al., 2007), nous avons voulu tester la constance de leur capacité perceptive. Pour ce faire, nous avons testé leur jugement de similarité de paires d'images soit identiques soit différentes (expériences 6 et 7).

Enfin, reste le défi expérimental de créer une négligence spatiale unilatérale chez un sujet normal, peut être en introduisant cette mystérieuse variabilité perceptive au sein d'un hémiespace.

En somme, nous nous proposons d'essayer de répondre aux questions suivantes :

- La négligence est-elle synonyme de variabilité, et peut-on, de fait, étayer notre idée de chaos perceptif ?

Si c'est le cas, nous devrions observer des TRs plus variables pour les patients négligents que pour les autres groupes (cérébro-lésés droits sans négligence et sujets sains) lors des tâches de détection de cibles. Par ailleurs, cette recherche devrait confirmer la présence d'une inconstance perceptive lors d'un simple jugement de similarité de paires d'images.

- Les mécanismes d'orientation de l'attention des patients négligents sont-ils influençables par l'introduction des variabilités (spatiales et morphologiques) au niveau de leurs deux hémiespaces ?

Si oui, l'amélioration des TRs pour une haute probabilité d'apparition des cibles, même à gauche, devrait être associée à une perturbation des réponses pour une faible probabilité spatiale et/ou des irrégularités perceptives.

- Si le comportement attentionnel des participants (cérébro-lésés et sains) s'avère modifié par l'introduction d'une variabilité, cette modification est-elle fonction du type de variabilité introduite (spatiale ou morphologique) ?

Nous devrions alors observer des patterns de performances différents pour une manipulation de la fréquence d'occurrence des cibles entre les deux hémispaces, et pour l'introduction de variations des traits caractéristiques des cibles.

- Les facteurs directionnels (habitudes de lecture) ont-ils une influence sur l'orientation exogène de l'attention et de sa variabilité ?

Si oui, nous devrions observer une différence de comportement attentionnel entre des sujets sains lecteurs de la droite vers la gauche et des sujets sains lecteurs de la gauche vers la droite, se caractérisant par une facilitation à gauche pour les lecteurs gauche/droite, et inversement pour les lecteurs droite/gauche.

- Est-il possible de perturber l'orientation exogène des sujets sains de façon à obtenir un pattern de performances évoquant celui des patients négligents ?

Si nous y parvenons, nous observerons une asymétrie significative entre les performances obtenues pour les cibles présentées avec une haute probabilité spatiale à droite et une faible probabilité, associée ou non à une inconstance morphologique des cibles, à gauche.

Le but de cette recherche est donc bien d'explorer la nature variable de la négligence spatiale unilatérale, d'essayer de biaiser l'expression de cette pathologie en manipulant l'inconstance perceptive mais également d'appliquer une variabilité perceptive au traitement attentionnel visuel de sujets sains. L'ensemble du raisonnement théorique de cette étude converge en effet vers des hypothèses attentionnelles et l'hypothèse d'une variabilité dans son attention et donc dans l'établissement de règles sensori-motrices invariantes, comme notion clef de la négligence.

EXPERIMENTATION

I- Expérience 1 - Détection de cibles visuelles -

1. Introduction

La manifestation de symptômes de négligence est fréquente dans les suites d'une lésion hémisphérique droite et s'avère plus durable et sévère en cas de lésion droite plutôt que pour des lésions équivalentes de l'hémisphère gauche (Heilman et al., 1983). La négligence spatiale unilatérale (NSU) est un syndrome neurologique qui a de lourdes conséquences sur la vie quotidienne des patients et qui suscite toujours à l'heure actuelle de nombreuses recherches. Cette pathologie conduit en effet les patients à ne plus répondre et/ou s'orienter vers les stimuli contralatéraux à la lésion cérébrale et altère donc considérablement leur rapport à l'environnement. De plus, la NSU est d'un grand intérêt théorique puisqu'il persiste de nombreuses incertitudes concernant ses fondements, ou plutôt concernant la nature des dysfonctionnements cognitifs.

Les multiples descriptions de la NSU ont fréquemment rapporté, outre un ralentissement et/ou une absence de réponse vers les stimuli contralésionnels, une importante variabilité des comportements. En effet, on retrouve à la lecture de nombreuses études (Manly et al., 2009 ; Bonato, Priftis, Marenzi, Zorzi, 2008 ; Azouvi et al., 2006, 2002 ; Marshall, Fink, Halligan, Vallar, 2002 ; Laeng, Brennen & Espeseth, 2002 ; Bartolomeo, Siéoff, Chokron & Decaix, 2001 ; Kerkhoff, 2000 ; Bartolomeo, Chokron & Degos, 2000 ; Mattingley, Bradshaw & Bradshaw, 1994 ; Howes & Boller, 1975) des notions de variabilité dans les patterns de performances obtenus, sans que cet élément ne soit approfondi ni même interprété. Le profil symptomatologique peut varier d'un patient à l'autre en termes de modalité sensorielle, de domaine spatial et de latéralité de la réponse (Barbieri, De Renzi, 1989). Lundervold, Bergmann et Wooton (2005) ont étudié la symptomatologie des patients négligents durant la phase aiguë de la lésion cérébrale ; les symptômes ont été évalués par le biais de tests papier-crayon standards (tests de barrage, de bissection, de copie,...) mais une tâche de détection visuelle d'une cible avec indigage basée sur le modèle de réseau attentionnel de Posner et Dehaene (1994) a également été effectuée. Les auteurs observent

une grande variabilité inter-individuelle comme intra-individuelle des performances durant la première semaine qui suit la survenue de l'atteinte neurologique.

Une pléthore d'études évoque donc, dans leurs résultats, la variabilité des performances rencontrée chez les patients négligents, mais peu d'entre elles y accorde davantage d'intérêt théorique. Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) ont fait du concept de variabilité leur objet d'étude et ne le considère pas comme une inévitable conséquence de la négligence. Plus précisément, les auteurs déclarent qu'il est d'usage d'interpréter l'incapacité des patients négligents à effectuer normalement une tâche comme une perte de leur capacité. Ils démontrent cependant que les déficiences objectivées reflètent davantage une inconstance des performances et non une perte de la capacité. C'est lors d'une épreuve de détection visuelle mesurant les temps de réaction que les patients négligents montrent qu'ils sont capables de ponctuellement répondre normalement aux cibles, même dans leur hémiespace négligé. L'altération des performances des négligents reflèterait donc une incapacité à détecter invariablement les stimuli. Pour expliquer leurs résultats, les auteurs formulent différentes hypothèses se résumant par un trouble de l'attention soutenue, une perturbation du mouvement des yeux ainsi que la contribution de systèmes compensatoires.

Notre étude rejoint l'objectif d'Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) dans la mesure où nous souhaitons objectiver la variabilité des performances des patients négligents, comparativement à un groupe de sujets sains et un groupe de patients cérébro-lésés droits sans négligence. Pour ce faire, nous avons utilisé une simple tâche de détection de cibles visuelles, sans indiçage, afin de mesurer les temps de réaction mais également la constance des réponses des participants. Nous pensons que les patients négligents présentent une variabilité de leurs performances significativement plus importante que les patients cérébro-lésés sans négligence et que les sujets sains. On s'attend également à un ralentissement significatif des patients négligents pour effectuer la tâche de détection, surtout au niveau de leur hémiespace gauche. Il sera intéressant d'observer si ce comportement inconstant se révèle typique des patients négligents ou s'il concerne tous patients atteints d'une lésion hémisphérique droite.

2. Sujets

Un groupe de 20 sujets sains a participé à cette expérience. Ce groupe est composé pour la moitié de sujets féminins ; la moyenne d'âge du groupe est égale à 59,85 ans, avec une tranche d'âge de 39 à 74 ans. Tous ces sujets sains sont droitiers (questionnaire de latéralité, BEN) et ne présente pas de trouble neurologique.

Un total de 14 patients droitiers, ayant présentés une lésion cérébrale hémisphérique droite, a été sélectionné pour cette étude. Les données cliniques de ce groupe de patients sont répertoriées dans le tableau 1. Ce groupe de patients cérébro-lésés se divise en deux sous-groupes : (1) 7 patients ayant souffert d'une lésion cérébrale hémisphérique droite avec négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N+) dont la moyenne d'âge est égale à 63,14 ans, les âges allant de 45 à 73 ans ; et (2) 7 patients ayant souffert d'une lésion cérébrale hémisphérique droite sans négligence unilatérale gauche (CLD N-), dont la moyenne d'âge est égale à 58,28 ans, avec une répartition des âges entre 46 et 71 ans. L'évaluation de la négligence s'est effectuée avec la BEN (Azouvi et al., 2002), qui correspond à une batterie de tests neuropsychologiques. Nous nous sommes également assurés qu'aucun des patients ne présentait d'hémianopsie latérale homonyme (périmétrie de Goldmann). Notons que chaque sujet de cette étude nous a délivré son consentement éclairé.

Tableau 1. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Patients	Genre	Age (années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
Patients négligents				
1	Femme	45	122	D centre semi-ovale (H)
2	Femme	64	78	D temporo-pariétal (I)
3	Femme	73	14	D thalamique et capsulaire (I)
4	Homme	53	19	D temporo-pariétal (I)
5	Femme	66	172	D temporo-pariétal (I)
6	Homme	72	27	D capsulo-lenticulaire (H)
7	Femme	69	42	D thalamique et capsulaire (I)
Patients cérébro-lésés droits				
1	Femme	64	26	D fronto-temporal (I)
2	Homme	67	34	D thalamique (I)
3	Homme	71	16	D temporo-pariétal (I)
4	Femme	49	85	D fronto-temporal (H)
5	Femme	58	19	D ganglions de la base et capsulaire (I)
6	Homme	46	74	D thalamique (H)
7	Homme	53	30	D thalamique et capsulaire (I)

Légende. D, hemisphere droit; H, hémorragique; I, ischémique

3. Matériel

Trois carrés de 15 mm de côté sont disposés sur le fond blanc de l'écran d'ordinateur. Les carrés sont alignés horizontalement, le carré central se trouvant au milieu de l'écran. Le carré du milieu contient un point central de fixation, et se trouve à distance de 15mm des deux autres carrés latéraux. La cible à détecter est une étoile ne dépassant pas 2mm de diamètre et apparaissant au centre d'un des deux carrés latéraux.

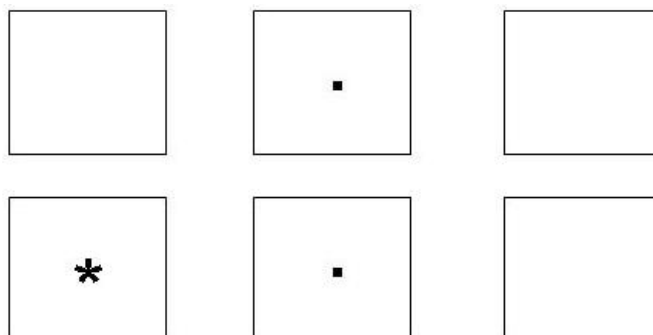


Illustration du matériel : trois carrés dont celui du milieu comporte le point de fixation puis présentation de la cible à gauche ou à droite.

4. Procédure

Les sujets étaient confortablement assis face à l'écran d'ordinateur, à une distance d'environ 50 cm. Il leur était demandé de maintenir la fixation visuelle sur le point du carré central, sans faire de saccades oculaires, et de placer leur index droit sur la barre espace du clavier afin de répondre à l'apparition de la cible le plus rapidement possible. Leur tâche consistait donc à appuyer sur cette barre espace dès la détection de la cible effectuée. Une fois que les trois carrés sont à l'écran, la cible apparaît soit dans le carré de gauche soit dans le carré de droite avec une SOA variable (150, 500 ou 1000 ms). Cette cible reste visible jusqu'à ce que la réponse soit fournie. Après un temps de latence de 1000ms (écran blanc), un nouvel essai débute. Ce protocole expérimental est composé de 3 blocks avec 114 essais pour le premier et 234 pour les deux suivants ; il y avait au total 582 essais dont 291 apparaissaient dans le carré de gauche et 291 dans le carré de droite. Le déroulement du protocole est divisé en 5 conditions expérimentales ayant uniquement pour vocation de conférer une structure similaire aux autres expériences de cette recherche. Le nombre de cibles à détecter est équivalent entre les deux côtés de présentation, droit et gauche, pour toutes les conditions. Les sujets débutaient chaque block dès qu'ils se sentaient prêts, en appuyant sur la touche entrée. L'expérience comporte 12 essais d'entraînement qui ne sont pas inclus dans l'analyse statistique.

L'analyse statistique a porté sur les temps de réponses allant de 130 à 5000 ms, étant donné que des TRs inférieurs à 130 ms sont considérés comme des fausses alarmes et ceux supérieurs à 5000 ms des omissions. Les moyennes et les écart-types ont ensuite été calculés pour chaque participant, constituant les tableaux de données de base de l'analyse statistique. Les TRs et les ET ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec une phase d'analyse incluant le facteur groupe (sujets sains, patients négligents, patients cérébro-lésés droits sans négligence) puis l'utilisation des facteurs Condition (1, 2, 3, 4, 5), Côté (gauche et droit) et SOA (150, 500 et 1000 ms) pour chacun des trois groupes de participants. L'effet des SOA n'est ici pas interprété puisque cette variable est introduite pour éviter les réponses automatiques.

5. Résultats

5.1. Analyse des temps de réaction (TRs)

Conditions	Sujets sains		CLDN N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	328	325	1345	812	474	436
2	335	331	1308	798	493	454
3	334	329	1297	830	488	462
4	341	332	1196	857	519	478
5	336	336	1417	962	494	463

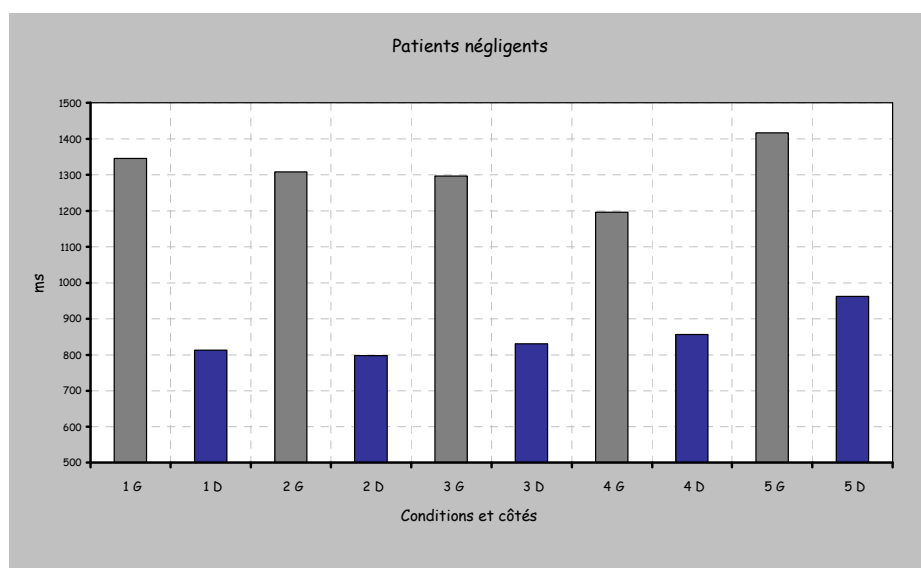
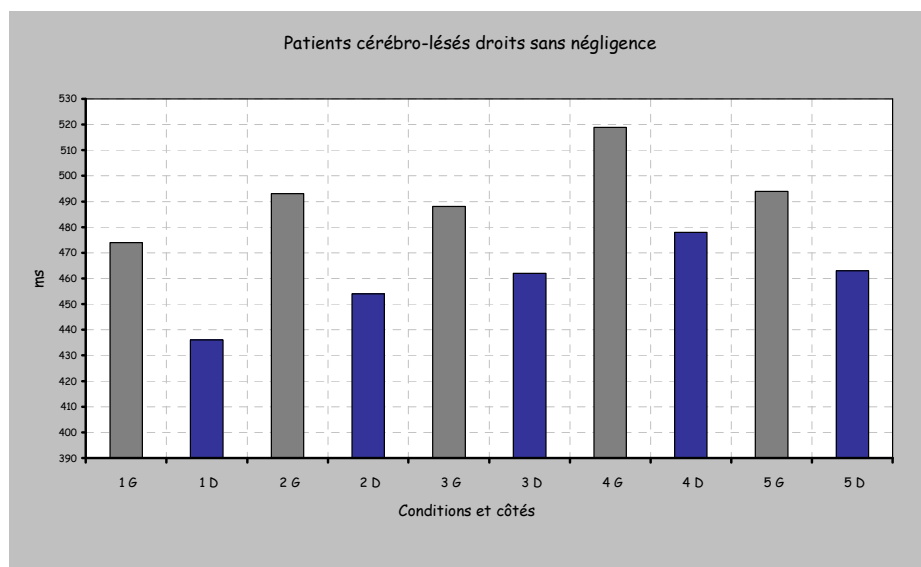
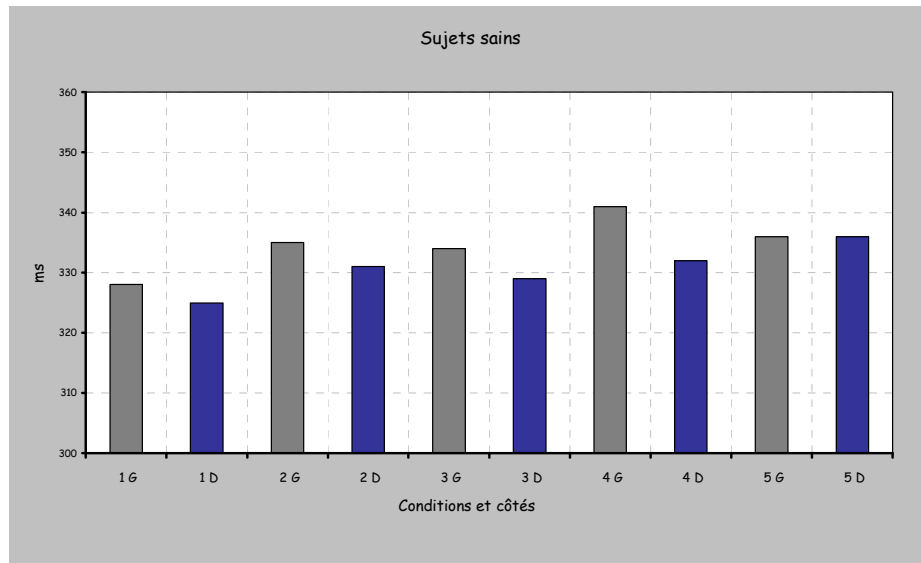
Table 2. Temps de réaction moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.

L'analyse statistique correspond à la réalisation d'une ANOVA effectuée sur les trois groupes expérimentaux (variable indépendante) : patients cérébro-lésés droits avec négligence gauche (CLD N+) et sans négligence (CLD N-), et sujets sains, et incluant les variables dépendantes Condition (1,2,3,4 et 5), Côté d'apparition de la cible (droit, gauche), et SOA (150 ms, 500 ms, 1000 ms).

Les résultats de cette analyse mettent tout d'abord en évidence un effet du facteur Groupe $F(2,31)=60,54$; $p<.0001$, caractérisant une plus grande rapidité d'exécution de la tâche pour les sujets sains comparativement aux patients CLD N-, $F(1,31)=4,41$; $p<.044$, eux-mêmes étant plus rapides que les patients CLD N+, $F(1,31)=53,19$; $p<.00001$. Ce sont donc les patients négligents qui s'avèrent être les plus lents à détecter une cible visuelle, les deux côtés de présentation confondus.

On observe également un effet du facteur Côté de présentation de la cible, $F(1,31)=78,73$; $p<.0001$, principalement généré par le profil pathognomonique des patients négligents, c'est-à-dire des TRs significativement plus longs pour une présentation gauche comparativement à une présentation droite de la cible, $F(1,31)=157,38$; $p<.00001$. Il n'est pas retrouvé ce type de biais attentionnel pour les deux autres groupes de participants.

Compte tenu de l'interaction groupe x condition x côté x SOA $F(16,248)=3,14$; $p<.0001$, la réalisation de comparaisons planifiées pointe une différence significative entre les deux côtés de présentation de la cible pour toutes les conditions expérimentales chez les patients négligents uniquement (Condition 1 : $F(1,31)=34,5$; $p<.0001$; Condition 2 : $F(1,31)=66,82$; $p<.0001$; Condition 3 : $F(1,31)=185,63$; $p<.0001$; Condition 4 : $F(1,31)=154,24$; $p<.0001$; Condition 5 : $F(1,31)=83,27$; $p<.0001$).



Graphiques des TRs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

Globalement, ces résultats nous montrent que les patients négligents détectent plus lentement une cible visuelle que les patients CLD N- ; les participants les plus rapides étant, comme attendu, les sujets sains. Cette expérience objective également le biais attentionnel des patients négligents, se caractérisant par des réponses plus rapides à droite qu'à gauche, et ceci quelle que soit la condition expérimentale. Il est intéressant de noter que les patients CLD N- ne présente eux aucun biais d'orientation attentionnelle, et qu'ils se comportent de façon similaire aux sujets sains, malgré leur lenteur globale.

5.2. Analyse des écarts-types (ETs)

Conditions	Sujets sains		CLDN N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	57	57	657	401	149	136
2	69	57	699	343	169	124
3	64	56	712	353	142	125
4	71	55	590	353	185	146
5	67	73	714	384	135	119

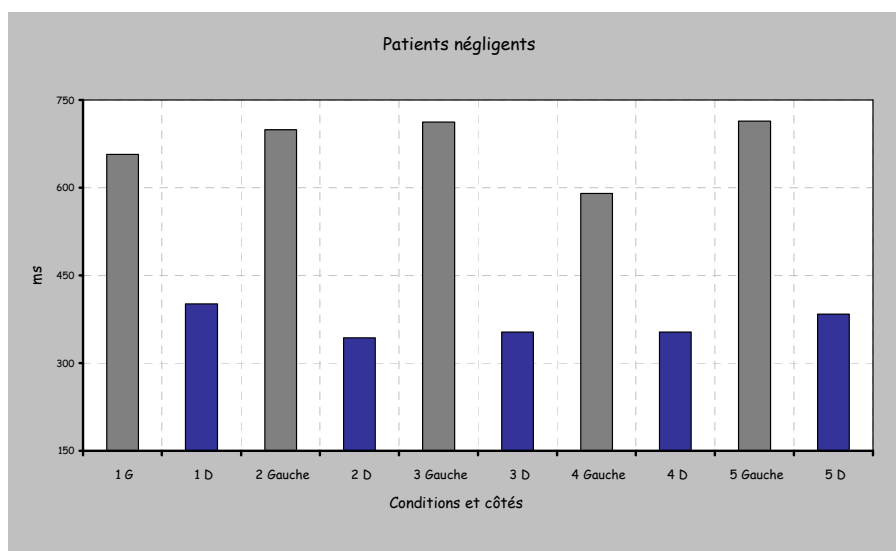
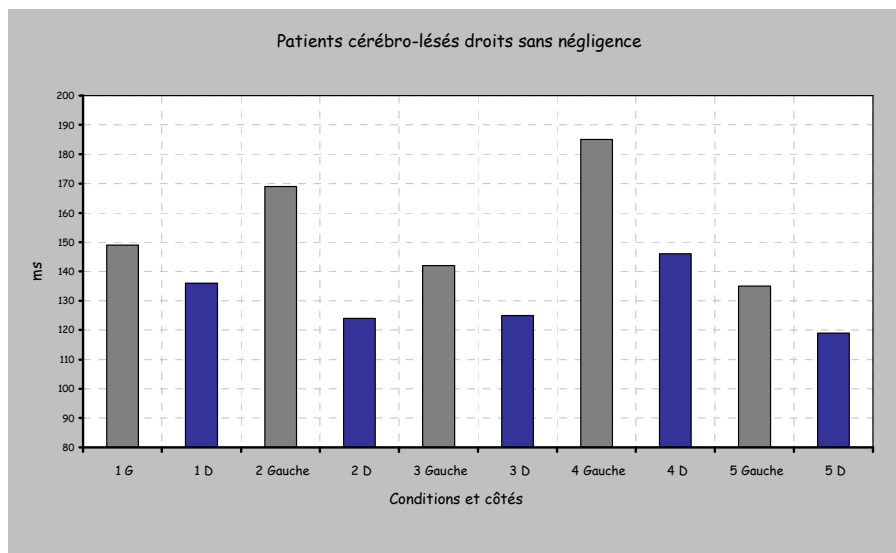
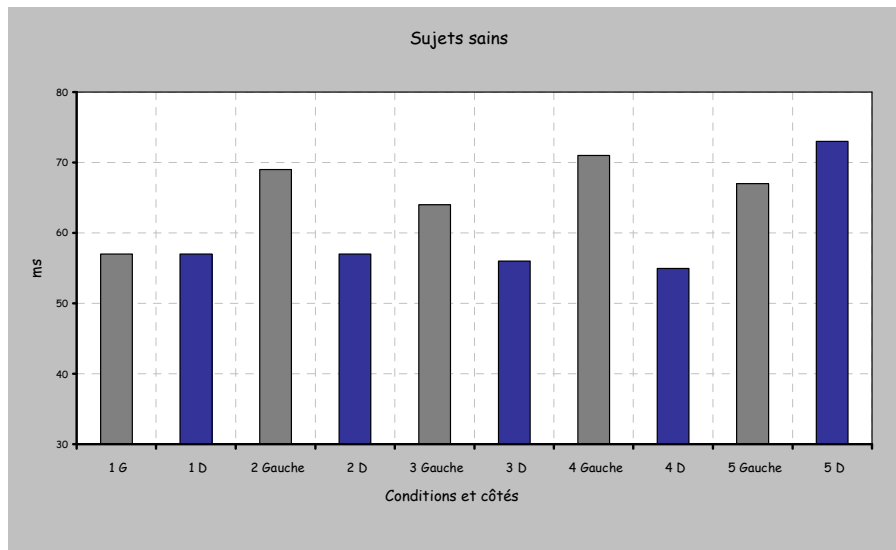
Tableau 3. Ecart-types moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.

Nous obtenons pour cette analyse des écarts-types le même profil de résultats que l'analyse effectuée sur les TRs.

En effet, l'effet principal du facteur Groupe, $F(2,31)=99,14$; $p<.0001$, caractérise plus précisément une plus grande variabilité des TRs fournis par les patients négligents comparativement aux patients CLD N-, $F(1,31)=90,24$; $p<.00001$, qui obtiennent eux-mêmes des TRs plus variables que les sujets sains, $F(1,31)=6,08$; $p<.02$.

On retrouve également l'effet du facteur Côté, $F(1,31)=95,57$; $p<.0001$, là encore expliqué par une plus grande variabilité des réponses aux cibles gauches chez les patients négligents, $F(1,31)=184,01$; $p<.00001$. Notons que les deux autres groupes de participants (CLD N- et sujets sains) ne présentent pas de dissociation significative entre les deux côtés, droit et gauche, de présentation de la cible.

L'interaction à quatre facteurs (groupe x condition x côté x SOA, $F(16,248)=2,14$; $p<.01$) nous permet de corroborer cette différence droite/gauche chez les patients négligents puisque la réalisation de comparaisons planifiées objective le biais typique des patients négligents pour toutes les conditions (Condition 1 : $F(1,31)=28,39$; $p<.0001$; Condition 2 : $F(1,31)=73,72$; $p<.0001$; Condition 3 : $F(1,31)=170,57$; $p<.0001$; Condition 4 : $F(1,31)=76,1$; $p<.0001$; Condition 5 : $F(1,31)=77,27$; $p<.0001$), et seulement pour ce groupe là. Les TRs sont systématiquement plus variables pour une détection à gauche de la cible que pour une détection à droite.



Graphiques des ETs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

Les patients négligents correspondent donc au groupe de participants ayant les TRs les plus variables. Ces patients se distinguent également des patients CLD N- puisque leur variabilité de réponses est moindre, même si elle reste plus importante que celle des sujets sains. Notons enfin que la variabilité est majorée, chez les négligents, au niveau de leur hémiespace gauche.

6. Discussion

La démonstration principale de cette expérience est que la latéralisation gauche de l'augmentation des TR et de la variabilité des réponses est spécifique aux patients négligents. Ce biais spatial n'est en effet pas retrouvé pour les patients CLD N-. On observe également que l'absence de négligence en cas de lésion hémisphérique droite permet de réduire globalement, c'est-à-dire au niveau des deux hémichamps, le comportement inconstant. Notons que ces patients CLD N- se distinguent des sujets sains par leur lenteur de détection associée au manque de constance de leurs réponses. La littérature manque de consensus concernant le profil des patients CLD N- obtenu en situation de détection visuo-spatiale. Les études de Ladavas (1987), Egly, Driver et Rafal (1994), et Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) ne rapportent pas d'asymétrie pour la variabilité des TRs chez les patients CLD N-. Dans leur expérience de détection d'une cible visuelle avec indiçage, Siéoff, Decaix, Chokron et Bartolomeo (2007) observent une absence de différence entre les deux hémichamps chez leurs patients CLD N-. Cependant, pour cette épreuve où les cibles ne sont pas informatives, les TRs ne diffèrent pas significativement entre leurs deux groupes de patients lésés droits, avec et sans négligence. Face à ce type de résultats, on trouve l'étude de Smania et al. (1998) qui démontre, elle, une différence contra-ipsilésionnelle des TRs significative pour le groupe de patients CLD N-. On ne retrouve pas dans notre étude de biais spatial chez ce groupe de patients sans négligence, mais il est intéressant de constater leur spécificité, dans la mesure où il diffère des deux autres groupes de participants. Les lésions hémisphériques droites génèrent ici un ralentissement associé à une majoration de la variabilité des réponses, au niveau des deux hémichamps.

En effet, les deux groupes de patients, avec et sans négligence, n'obtiennent pas de performances similaires aux sujets sains au niveau de leurs deux hémiespaces, controlateral et

ipsilatéral. Les résultats sont donc en faveur d'un trouble global de l'attention visuelle spatiale, engendré par des lésions hémisphériques droites. Ce type de présomption est corroboré par le modèle de Heilman et Van Den Adell (1980) suivant lequel l'hémisphère gauche prend en charge l'espace controlatéral tandis que l'hémisphère droit est responsable des deux hémiespaces, controlatéral et ipsilatéral. C'est pourquoi, une lésion de l'hémisphère gauche pourrait être compensée par les mécanismes attentionnels sous-tendus par l'hémisphère droit, et ne pourrait de ce fait engendrer que rarement une négligence droite. En revanche, une lésion de l'hémisphère droit sera responsable d'une négligence gauche, l'hémisphère gauche n'étant pas capable de prendre en charge l'hémiespace gauche. Les lésions de l'hémisphère droit peuvent donc être à l'origine d'un trouble de l'attention sévère au niveau de l'hémiespace controlatéral mais également des perturbations au niveau de l'hémiespace ipsilatéral, ceci du fait d'une diminution des ressources attentionnelles dévolues à l'hémiespace droit (Weintraub, Mesulam, 1987). Nos résultats appuient donc les démonstrations d'un trouble attentionnel se manifestant également dans l'hémiespace ipsilésionnel chez les patients négligents (Marshall, Halligan, 1989 ; Robertson et al. 1994 ; Small, Cowey, Ellis, 1994). Bartolomeo et Chokron (1999b) observent également un ralentissement des patients négligents, comparativement aux sujets sains, pour répondre aux cibles gauches mais aussi droites. Les auteurs déclarent que ce pattern de performances est congruent avec le modèle d'hypo-attention gauche d'Heilman et Van Den Abell (1980) où le déficit attentionnel ipsilésionnel est consécutif du processus directionnel hypoactif vers la gauche.

Il apparaît donc dans notre étude que les patients cérébro-lésés droits, avec et sans négligence, présentent un trouble attentionnel plus général (en plus du trouble latéralisé pour les patients négligents), se caractérisant par une augmentation des temps de détection des cibles ainsi que des temps de détection plus variables, sachant que la présence d'une négligence gauche est un facteur aggravant du déficit attentionnel global. Associé à ce déficit de l'attention visuelle spatiale non latéralisé, les patients négligents présentent un biais spatial caractéristique de la pathologie. L'asymétrie se manifeste dans notre étude, non seulement par un pic de ralentissement pour les cibles gauches mais également une majoration significative de l'inconstance des réponses toujours au niveau de ce même hémiespace. Ce comportement évoque donc un trouble de l'orientation de l'attention en direction du côté gauche, durant notre protocole expérimental de détection de cibles visuelles gauches et droites, sans indice. L'absence d'indices induit la mobilisation principale d'une orientation dite exogène, c'est-à-

dire réflexe et qui n'est pas à proprement dite générer volontairement par le sujet lui-même mais est en réponse au stimulus. A ce mécanisme s'oppose l'orientation endogène, qui est, elle, la conséquence d'un mouvement attentionnel volontaire, actif et décidé par le sujet lui-même. Ces deux mécanismes sont indispensables et doivent interagir pour effectuer une exploration efficace de l'environnement (Bartolomeo, Chokron, 2002, pour revue). Le déficit d'orientation exogène de l'attention vers l'hémiespace gauche chez les patients négligents (Ladavas et al., 1994 ; Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001) est donc clairement démontré dans notre étude mais se révèle également indissociable d'une variabilité des performances.

Maintenant que cette variabilité des performances est objectivée, la question est de savoir quelle est la relation de cause à effet entre un trouble de l'orientation exogène de l'attention et l'augmentation du manque de constance des réponses avec l'allongement des TRs. Comme Anderson et al. (2000) l'ont déjà souligné, des cibles visuelles gauches peuvent attirer l'attention des patients négligents et même induire des TRs relativement rapides tout autant que lents. Ceci implique une variabilité déterminée spatialement dans la négligence (Bartolomeo et Chokron, 2002 ; Bartolomeo, Siéroff, Chokron et Decaix, 2001) et corrobore un modèle de négligence gauche fondé essentiellement sur une asymétrie de l'attention exogène.

Notre étude est en accord avec cette supposition mais nous pensons que la fluctuation des capacités d'orientation exogène de l'attention vers les cibles gauches peut être le reflet d'une variabilité perceptive, c'est-à-dire d'un manque de constance dans la réception de l'information visuelle. En d'autres termes, la variabilité des performances traduirait une variabilité perceptive, assimilée (ou constitutive) au trouble de l'attention exogène des patients négligents.

Il est désormais clair que cette notion de variabilité est indissociable du profil symptomatologique des patients négligents. L'intensité de la variabilité suit fidèlement le pattern des TRs, ce qui signifie que plus les TRs sont lents et plus la variabilité des réponses est grande. La variabilité constitue donc probablement un élément de définition du trouble d'orientation exogène de l'attention chez les patients négligents.

Après avoir observé et mesuré le déficit exogène et variable des patients négligents lors de cette première expérience, nous souhaitons savoir s'il est possible d'influencer le biais attentionnel de ces patients en manipulant expérimentalement les mouvements exogènes de l'attention. Pour ce faire, nous avons introduit de la variabilité dans l'apparition de cibles visuelles à détecter en associant plusieurs changements perceptifs : la probabilité spatiale d'apparition des cibles et les caractéristiques perceptives des cibles.

Nous supposons également une perturbation de l'attention spatiale des sujets sains après introduction de cette variabilité perceptive, afin éventuellement d'induire un comportement similaire, en terme de TRs et de constance des réponses, aux patients négligents.

II- Expérience 2 - Introduction d'une variabilité perceptive et spatiale dans la détection de cibles visuelles-

1. Introduction

La négligence spatiale unilatérale (NSU) est classiquement définie comme un échec des patients pour signaler, répondre à, ou s'orienter vers un stimulus nouveau et/ou significatif, présenté du côté opposé à la lésion cérébrale ((Heilman, Watson et Valenstein, 1985). Cette pathologie neurologique correspond donc à un trouble sévère du comportement spatialement orienté avec un biais ipsilésionnel, le plus couramment vers l'hémiespace droit ; le trouble résulte en effet le plus fréquemment d'une lésion hémisphérique droite, localisée typiquement au niveau du lobe pariétal. Les patients négligents manifestent systématiquement un manque de conscience de leur espace contralésionnel associé à une inconscience de leur déficit (anosognosie). En fait, la NSU induit de nombreux effets fonctionnels délétères et reste très difficile à rééduquer. La compréhension de la négligence peut impliquer au préalable la création d'un biais comportemental similaire chez les sujets sains.

Plusieurs techniques ont déjà été utilisées pour produire transitoirement un comportement similaire à celui des patients négligents chez les sujets normaux. En admettant l'hypothèse d'une spécialisation de l'hémisphère droit pour les fonctions visuo-spatiales (voir pour revue Benton et Travel, 1993), la modification comportementale attendue des sujets sains semblent dépendre d'une modulation de la participation de l'hémisphère droit durant la tâche. Parmi ces techniques, on trouve les stimulations sensorielles (vibrations des muscles du cou, stimulation vestibulaire calorique ou la stimulation optokinétique, Karnath, Sievering et Fetter, 1994; Mattingley, Bradshaw et Bradshaw, 1994) et la stimulation magnétique transcrânienne (Thut, Nietzel et Pascual-Leone, 2005) ; la procédure d'adaptation prismatique parvient à simuler plusieurs symptômes cliniques de la négligence (voir pour revue Michel, 2006). L'adaptation à des prismes déviant à gauche chez le sujet normal produit un sérieux biais vers le côté droit, ce qui signifie que les adaptations de bas niveau sensori-moteur jouent un rôle important dans l'organisation de l'hémisphère droit pour la cognition spatiale (Michel et al., 2003). Toutes ces techniques utilisent des processus sensori-moteurs pour affecter les mécanismes cognitifs de haut niveau. Dans notre étude, la tâche de détection implique seulement des changements d'orientation de l'attention, et nous pensons qu'il pourrait être

possible de générer un comportement comparable à celui des négligents chez les sujets sains en manipulant son attention spatiale.

Le paradigme de Posner (Posner, 1980) semble incontournable pour l'étude de l'attention visuelle et notamment pour observer les mécanismes d'orientation exogène et endogène de l'attention, qui impliquent respectivement une attraction automatique, passive, réflexe de l'attention et une orientation volontaire, active, stratégique. Le protocole correspond à un paradigme de temps de réaction (TR) manuel afin d'étudier l'orientation de l'attention spatiale. Concrètement, on présente au sujet trois carrés placés horizontalement sur l'écran d'un ordinateur. Ils doivent fixer le carré central et répondre aux cibles (un astérisque) apparaissant dans un des carrés adjacents, en appuyant sur une touche. La cible est précédée d'un signal désignant l'un des carrés latéraux. Le signal peut soit être « central » (une flèche centrale pointant vers l'un des carrés latéraux dans lequel la cible va apparaître) soit « périphérique » (un bref éclaircissement de l'un des carrés latéraux). Un indice (ou signal) valide prédit correctement le carré dans lequel la cible va apparaître, alors qu'un indice invalide indique le mauvais carré. Les indices valides améliorent l'exactitude et la rapidité de détection des cibles, alors que les indices invalides ont un effet délétère sur les performances ; l'avantage des essais valides et le coût des essais invalides se réfèrent à un effet de la validité du signal. Cet effet suggère que le signal suscite une orientation de l'attention vers la location indiquée, ce qui accélère le traitement des cibles apparaissant dans cet endroit et ralentit les réponses aux cibles apparaissant à un autre emplacement. Notre expérience a été inspirée de ce protocole afin de manipuler l'orientation de l'attention visuelle, sans utilisation de l'indiquage.

L'attention visuelle semble manifester une allocation limitée de ressources pour une localisation précise. Quand ces ressources sont allouées à une localisation spatiale indiquée, un bénéfice au niveau des performances est obtenu pour ces localisations attendues. Shaw et Shaw (1977) ont observé un bénéfice d'une haute probabilité de localisation sur les performances durant une tâche de recherche visuelle. Shaw (1978) corrobore cette supposition et retrouve un effet de la probabilité de localisation sur les moyennes de temps de réaction, indiquant que cette variable a un effet important sur la stratégie de traitement utilisée lors de tâches visuelles. A la même époque, Posner, Nissen et Ogden (1978) constatent un effet similaire de la probabilité des localisations sur les temps de réaction au cours d'une tâche de détection. Plus précisément, comme Miller (1988) l'a démontré avec plusieurs expériences de

recherche visuelle, les sujets réagissent (consciemment ou inconsciemment) à une haute probabilité d'apparition des cibles situées au niveau d'une localisation spatiale précise ; ils concentreraient de ce fait leurs ressources perceptives vers cet emplacement. Par conséquent, cette orientation de l'attention permettrait un traitement plus rapide de tous les stimuli apparaissant au niveau de la localisation spatiale favorisée. Dans la même lignée, Geng et Behrmann (2005) ont exploré, grâce à plusieurs protocoles expérimentaux, la puissance de cet effet de probabilité et le rôle des régularités spatiales en termes d'indice attentionnel. Comme prévu, ils observent une facilitation due à la haute probabilité de localisation des cibles en comparaison d'une faible ou aléatoire probabilité. Ce phénomène indique que la probabilité joue un rôle d'indice attentionnel effectif. Les auteurs confirment également que la probabilité spatiale constitue un biais puissant sur les traitements visuels.

Compte tenu de ce fort biais sur le traitement visuel induit par la probabilité d'occurrence spatiale des cibles, nous avons manipulé cette probabilité d'apparition des cibles mais nous avons ajouté des changements perceptifs au niveau de la cible elle-même. En effet, nous suggérons qu'une faible probabilité spatiale devrait engendrer un coût attentionnel et nous avons également introduit des changements perceptifs dans le but d'augmenter les irrégularités. Downing (1988) a étudié les interactions entre les attentes spatiales et les changements perceptifs ; il trouve un effet de la fréquence du en partie aux changements de qualité du codage perceptif, et suggère également que les informations concernant la forme et l'orientation peuvent générer une confusion spatiale. Ciaramitaro, Cameron et Glimcher (2001) ont essayé de déterminer si une connaissance préalable de la probabilité spatiale pouvait influencer les sujets pour allouer leurs ressources perceptives. Ils observent que la sensibilité perceptive peut effectivement être influencée par une connaissance préalable de la probabilité spatiale. En d'autres termes, la manipulation de la probabilité spatiale implique une manipulation de la connaissance du sujet sur sa localisation spatiale et le conduit à optimiser l'allocation de ses ressources perceptives ; ceci revient à distribuer l'attention spatiale de façon à réguler, et améliorer, la sensibilité perceptive. En nous basant sur cette réflexion, nous supposons qu'il serait peut être possible d'induire un effet inverse, c'est-à-dire de perturber l'allocation de l'attention spatiale par le biais de données imprévisibles dont les qualités perceptives varient.

Geng et Behrmann (2002) ont observé que les sujets sains étaient plus rapides pour répondre à des cibles apparaissant avec une haute probabilité comparativement à une faible localisation spatiale ou une condition neutre. Les auteurs ont également inclus un groupe de patients négligents dans leur cohorte de participants et montrent que malgré leur déficit attentionnel, ils se révèlent capables d'exploiter les contingences de localisation des cibles dans la même mesure que les sujets normaux. Cependant le biais attentionnel pathognomonique des patients négligents a persisté. En effet, plusieurs études ont manipulé les attentes d'une localisation spatiale d'un stimulus imprévu et ont trouvé une amélioration des performances due à la prédictibilité du côté de présentation des cibles, mais sans disparition de l'asymétrie inter-espace dans la distribution attentionnelle typique des patients négligents (Natale, Posteraro, Prior and Marzi, 2005; Smania et al., 1998). D'Erme et al. (1992) proposent que le déséquilibre attentionnel des négligents relève essentiellement de l'attention exogène. Les patients négligents ne sont pas capables d'orienter leur attention d'une façon exogène vers la gauche, mais ils peuvent le faire volontairement (Ladavas et al., 1994). En effet, il est usuel de dire que la négligence est caractérisée par une réduction de la perception, de l'action et des processus attentionnels orientés vers l'espace contralésionnel et que les patients négligents s'avèrent incapables de compenser leur pathologie par une orientation volontaire de l'attention. En fait cette caractéristique semble être davantage une conséquence de l'anosognosie qu'une véritable incapacité. Il est vrai que dans l'étude de Bartolomeo, Sieroff, Decaix et Chokron (2001), les patients négligents manifestent une orientation exogène de l'attention perturbée associée à une orientation endogène relativement épargnée, même si elle est ralentie, ce qui permet un mouvement volontaire de l'attention.

Notre étude s'intéresse également à un autre aspect fondamental de la négligence : la variabilité des performances du côté négligé. En effet, Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) démontrent que les mauvaises performances des patients négligents reflètent des performances inconstantes et non une perte des facultés à accomplir normalement la tâche. Selon eux, cette incapacité à détecter et répondre aux stimuli de façon constante dans leur espace négligé peut massivement contribuer au comportement négligent. Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix (2001) postulent que les patients négligents souffrent d'un biais d'orientation de l'attention qui, comme nous l'avons déjà vu, relève essentiellement de mécanismes exogènes, et donc que les stimuli visuels provenant de la droite vers la gauche doivent être progressivement moins susceptibles de capturer l'attention des patients. Ce

phénomène provoquerait un gradient droite/gauche signifiant une augmentation des temps de réaction et de la variabilité de ces temps de réaction. Cette variabilité est alors le reflet de réponses rapides occasionnelles aux cibles gauches et donc d'attraction rapide de l'attention. Dans notre expérience, nous souhaitons explorer l'apprentissage de probabilité spatiale mais aussi son influence sur la distribution de l'attention spatiale entre les deux hémispaces gauche et droit.

Concernant les sujets sains, nous supposons que les irrégularités d'occurrence des cibles associées à des changements de qualité des cibles pourraient perturber l'orientation de l'attention spatiale et plus précisément troubler l'orientation exogène pour générer un biais d'orientation endogène ; ces manipulations sont effectuées dans le but de créer un comportement similaire aux patients négligents. Nous prédisons des temps de réaction plus longs pour les conditions de variabilité mais nous souhaitons également induire un comportement variable suite à une attraction exogène de l'attention inconstante.

Les manipulations de l'orientation exogène et endogène dans notre tâche de détection pourraient influencer voire réduire le biais attentionnel typique des patients négligents. Nous examinerons l'effet d'une grande régularité d'occurrence des cibles sur le comportement variable des patients négligents et nous prédisons une possible amélioration de cette variabilité, et au contraire une augmentation de cette instabilité avec les irrégularités de présentation de la cible.

Dans notre étude, une des questions primordiales est la suivante : est-ce que la variabilité des performances est spécifique à la négligence ?

Enfin, notre objectif est d'étudier l'influence de ces manipulations non seulement au niveau de l'hémiespace gauche mais également à droite chez les patients cérébro-lésés droits.

2. Sujets

Un total de 16 patients droitiers souffrant d'une lésion hémisphérique droite a participé à notre étude. Les informations démographiques et cliniques des patients sont présentées dans le tableau 4. Les résultats d'imagerie cérébrale (IRM ou Scanner) ont été utilisés pour déterminer la localisation et l'étendue des lésions. Les patients sont divisés en deux sous-groupes : (1) 8 patients, dont 4 femmes avec une moyenne d'âge de 63,12 s'échelonnant de 49 à 75 ans, qui présentent une négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N+) et (2) 8 patients, dont 2 femmes avec une moyenne d'âge de 62,37 s'étalant de 52 à 72 ans, sans signes de négligence gauche (CLD N-). L'évaluation neuropsychologique de la négligence s'est effectuée grâce à la BEN (Azouvi et al., 2002), qui correspond à une batterie standardisée de tests cognitifs. Nous nous sommes assurés qu'aucun des patients ne présentait d'hémianopsie associée à la négligence, en leur proposant un champ visuel de Goldmann.

Le groupe contrôle était constitué de 24 sujets sains droitiers, dont 12 femmes, avec une moyenne d'âge de 57,12 ans, allant de 43 à 80 ans, sans déficit neurologique. Nous avons obtenu le consentement de tous les participants, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

Tableau 4. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Patients	Genre	Age (années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
Patients négligents				
1	Femme	52	42	D ganglions de la base et capsulaire (H)
2	Homme	53	59	D temporo-pariétal (I)
3	Homme	68	52	D thalamique et capsulaire (H)
4	Homme	75	175	D temporo-parietal (I)
5	Femme	73	44	D ganglions de la base et capsulaire (I)
6	Femme	73	20	D thalamique et capsulaire (I)
7	Femme	49	93	D thalamique et capsulaire (H)
8	Homme	62	53	D temporo-parietal (I)
Patients cérébro-lésés droits				
1	Homme	67	43	D thalamique (I)
2	Femme	64	26	D fronto-temporal (I)
3	Homme	71	9	D ganglions de la base et capsulaire (I)
4	Homme	65	19	D temporo-parietal (I)
5	Femme	72	30	D fronto-temporal (I)
6	Homme	55	120	D fronto-temporal (H)
7	Homme	53	27	D thalamique et capsulaire (I)
8	Homme	52	40	D fronto-parietal (H)

Légende. D, hemisphere droit; H, hémorragique; I, ischémique

3. Matériel

Trois carrés, d'une dimension de 15 mm x 15 mm, étaient présentés au centre d'un écran blanc d'ordinateur. Les carrés étaient en fait organisés horizontalement, le carré du milieu étant placé au centre de l'écran. Les carrés de droite et de gauche étaient éloignés de 15 mm du carré central. Ce carré central contenait un petit point noir de fixation, et la cible (une étoile, d'une largeur de 2mm) apparaissait soit dans le carré de droite soit dans le carré de gauche.

Chaque essai se déroulait ainsi : apparition des trois carrés et du point de fixation pour une durée de 150, 500 ou 1000 ms (stimulus-onset asynchrone ; SOA) avant l'apparition de la cible ; cette dernière reste visible jusqu'à ce que le sujet réponde. Puis un écran blanc était présenté pendant les délais inter-essais, 1000 ms. Les durées de SOA étaient réparties aléatoirement pour chaque bloc.

Le protocole expérimental contenait 4 blocs caractérisés par différentes fréquences d'apparition gauche/droite des cibles. La répartition gauche/droite des cibles était équilibrée, c'est-à-dire 50%/50%, dans les conditions contrôles. En revanche, cette répartition était déséquilibrée dans les conditions de variabilité : 67%/33% dans la condition de forte probabilité d'apparition de la cible à gauche et 33%/67% pour la condition de haute probabilité d'apparition de la cible à droite. Le premier bloc correspondait à la condition 1, première condition de contrôle 50/50. Dans les trois blocs suivants, deux conditions de contrôle (3 et 5) alternaient avec les deux conditions de variabilité (condition 2 : 33/67 et condition 4 : 67/33). Il y avait au total 582 essais, dont la moitié de présentation des cibles à gauche et l'autre moitié du côté droit.

La cible visuelle à détecter était donc une étoile qui pouvait varier et donc prendre un aspect différent selon plusieurs paramètres : le type d'étoile (6 possibles), la taille de l'étoile en caractère gras ou pas (10 tailles possibles), la localisation de la cible à l'intérieur de chaque carré latéral (10 localisations possibles). Ces variations de cible n'étaient appliquées que pour la faible fréquence d'apparition (33%). La cible à détecter était une simple étoile immuable pour la fréquence d'occurrence égale à 67%.

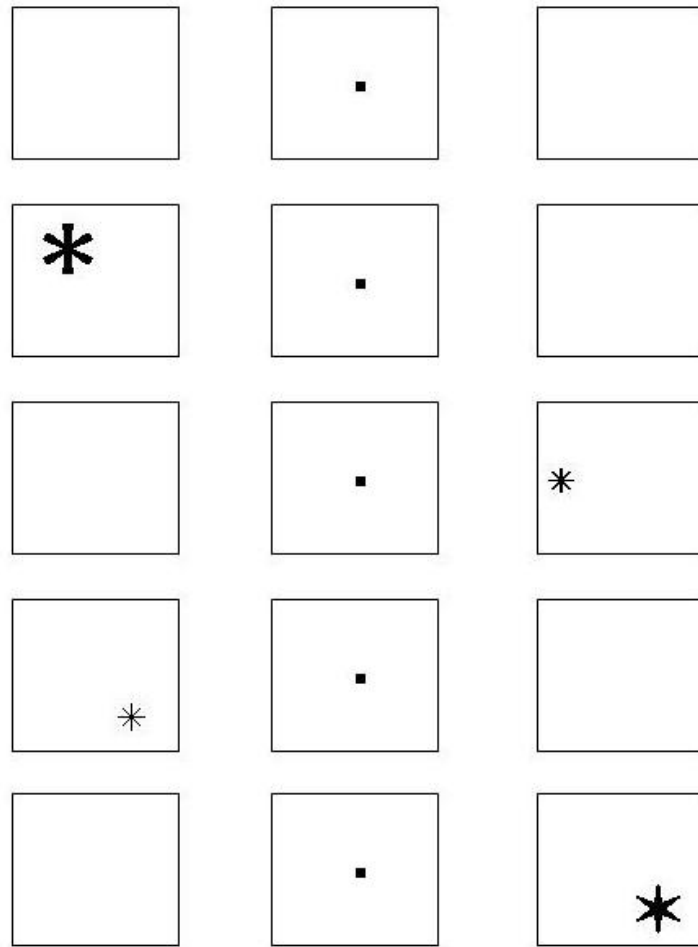


Illustration du matériel : trois carrés dans celui du milieu contient le point de fixation puis présentation de la cible qui peut prendre ici 4 aspects et localisation différentes, à gauche ou à droite.

4. Procédure

Les participants étaient confortablement assis en face d'un écran d'ordinateur, à distance d'environ 50 cm. Ils avaient comme consigne de maintenir une fixation visuelle durant toute l'expérience, sur le point noir central, et devaient détecter le plus rapidement possible l'apparition de la cible. Pour ce faire, les participants devaient appuyer sur la barre espace du clavier avec l'index de leur main droite. Les mouvements oculaires étaient contrôlés par l'expérimentateur et les essais pour lesquels la fixation n'était plus maintenue ont été retirés de l'analyse.

Les participants ont donc répondu aux quatre blocs successivement, avec un temps de repos entre chacun d'entre eux.

5. Analyse

Les temps de réaction (TR) étaient mesurés entre l'apparition de la cible et la réponse du participant. Seulement les TRs compris entre 130 et 5000 ms ont été inclus dans l'analyse. En effet, les TRs inférieurs à 130 ms ont été considérés comme étant des anticipations et ceux supérieurs à 5000 ms comme des omissions. Pour chaque participant, les moyennes des TRs et leurs écart-types ont été calculés. Les analyses statistiques se sont donc appliquées aux TRs ainsi qu'aux écart-types afin d'évaluer l'effet de la fréquence d'occurrence et de la variabilité des cibles sur l'orientation de l'attention visuelle des trois groupes de participants, au niveau de leur deux hémispaces.

Les TRs et les ET ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec le facteur Groupe (CLD N+, CLD N- et sujets sains) comme variable indépendante et les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit), et SOA (150, 500 et 1000 ms) comme variables dépendantes. Pour ces deux analyses, l'effet des SOA n'a pas été analysé car ce facteur n'a été introduit que pour éviter les réponses automatiques. Des comparaisons planifiées ont été effectuées si nécessaire sur les effets principaux et les interactions.

6. Résultats

6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)

Conditions	Sujets sains		CLD N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	374	378	1414	998	728	709
2	382	371	1259	975	680	626
3	373	368	1234	928	677	631
4	370	384	1247	902	654	610
5	363	376	1158	910	631	620

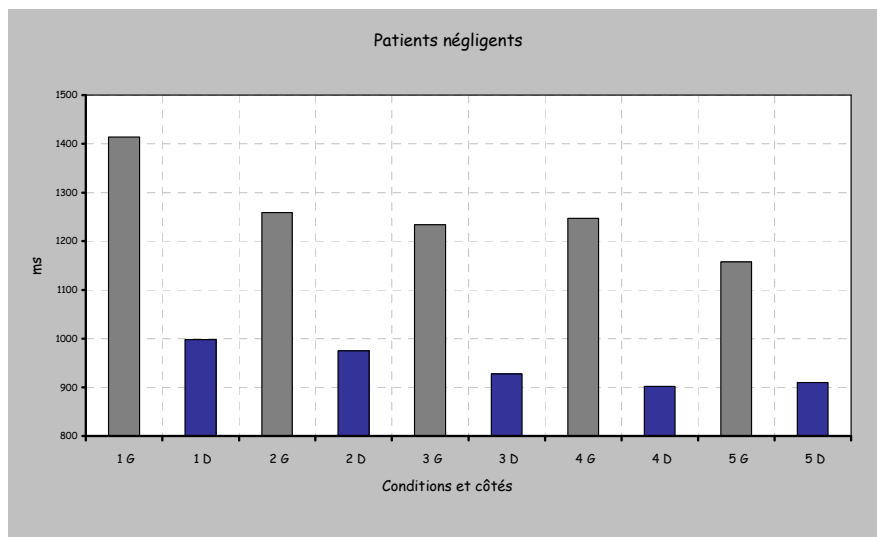
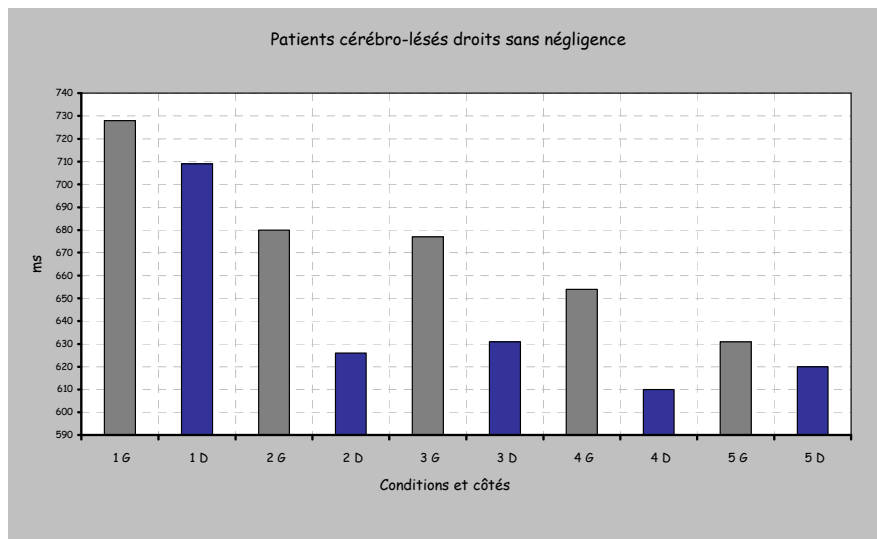
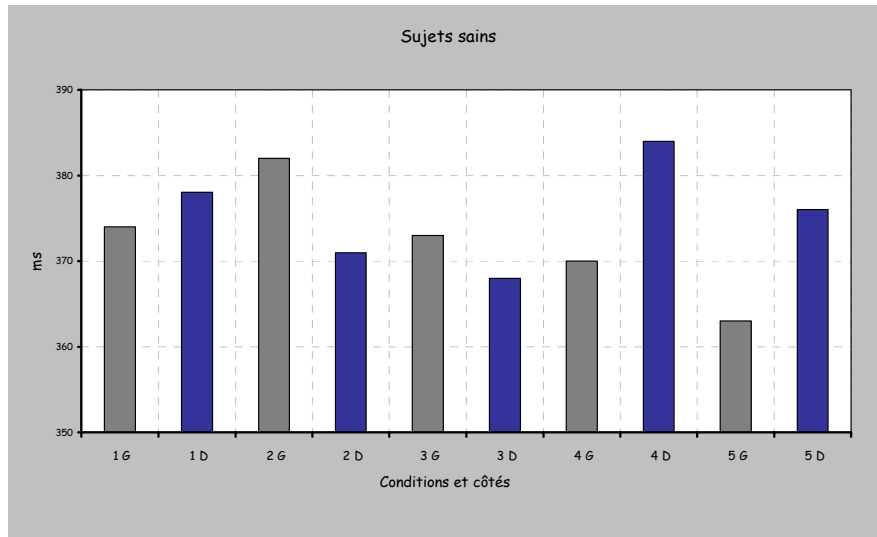
Tableau 5. Temps de réaction moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.

L'analyse des TRs met en évidence un effet principal du facteur Groupe ($F(2,37)=51.92$; $p<.001$) (Fig1A), du facteur Condition ($F(4,148)=8.11$; $p<.001$), du facteur Côté ($F(1,37)=18.46$; $p<.001$) et SOA ($F(2,74)=95$; $p<.001$). Par ailleurs, plusieurs interactions sont également observées : Groupe x Condition ($F(8,148)=3$; $p<.01$), Groupe x Côté ($F(2,37)=13.81$; $p<.001$), Condition x Côté ($F(4,148)=3.27$; $p<.02$), Groupe x SOA ($F(4,74)=21.44$; $p<.001$). De plus, les interactions entre les facteurs Groupe x Condition x Côté ($F(8,148)=3.15$; $p<.01$), Groupe x Condition x SOA ($F(16,296)=2.39$; $p<.01$), et Condition x Côté x SOA ($F(8,296)=3.29$; $p<.01$) s'avèrent significatives. Finalement, tous ces effets sont modulés par une interaction à 4 facteurs : Groupe x Condition x Côté x SOA ($F(16,296)=2.17$; $p<.01$). Compte tenu du nombre de résultats, de la complexité de l'interaction à 4 facteurs et de la différence significative entre chaque groupe de participants (les patients CLD N+ répondent significativement plus lentement que les patients CLD N- ($F(1,37)=25.41$; $p<.001$) ainsi que les sujets sains ($F(1,37)=101.78$; $p<.001$)), nous avons effectué une ANOVA pour chacun des groupes afin d'interpréter ces résultats.

Tout d'abord, comme attendu, un effet principal du facteur Côté ($F(1,7)=6.88$; $p<.05$) est obtenu chez les patients CLD N+ traduisant donc des réponses plus rapides à droite qu'à gauche. Un effet du facteur SOA ($F(2,14)=20.61$; $p<.001$) est également trouvé.

Ensuite, chez les patients CLD N- seul un effet des SOA ($F(2,14)=34.8$; $p<.001$) se révèle significatif.

Enfin, l'analyse de variance effectuée chez les sujets sains objective un effet principal significatif du facteur SOA ($F(2,46)=12.97$; $p<.001$) ainsi que plusieurs interactions significatives : Condition x Côté ($F(4,92)=9.23$; $p<.001$), Condition x SOA ($F(8,184)=3.73$; $p<.001$) et Condition x Côté x SOA ($F(8,184)=2.55$; $p<.02$). Les comparaisons planifiées montrent une interaction Condition x Côté significative pour : condition 1 [50/50] vs. Condition 2 [33/67] ($F(1,23)=6.92$; $p<.02$); Condition 1 [50/50] vs. Condition 3 [50/50] ($F(1,23)=5.05$; $p<.05$); Condition 1 [50/50] vs. Condition 4 [67/33] ($F(1,23)=7.63$; $p<.02$); Condition 2 [33/67] vs. Condition 4 [67/33] ($F(1,23)=14.2$; $p<.001$); Condition 2 [33/67] vs. Condition 5 [50/50] ($F(1,23)=18.2$; $p<.001$); Condition 3 [50/50] vs. Condition 4 [67/33] ($F(1,23)=16.09$; $p<.001$) et Condition 3 [50/50] vs. Condition 5 [50/50] ($F(1,23)=13.02$; $p<.01$). On observe en fait une différence gauche/droite significative pour la condition 2 [33/67] ($F(1,23)=5.56$; $p<.05$) où les sujets sains répondent plus rapidement aux cibles droite. La différence gauche/droite obtenue pour les conditions 4 [67/33] ($F(1,23)=12.58$; $p<.01$) et 5 [50/50] ($F(1,23)=10.53$; $p<.01$) caractérise cette fois-ci des TRs plus rapides pour répondre aux cibles gauches.



Graphiques des TRs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

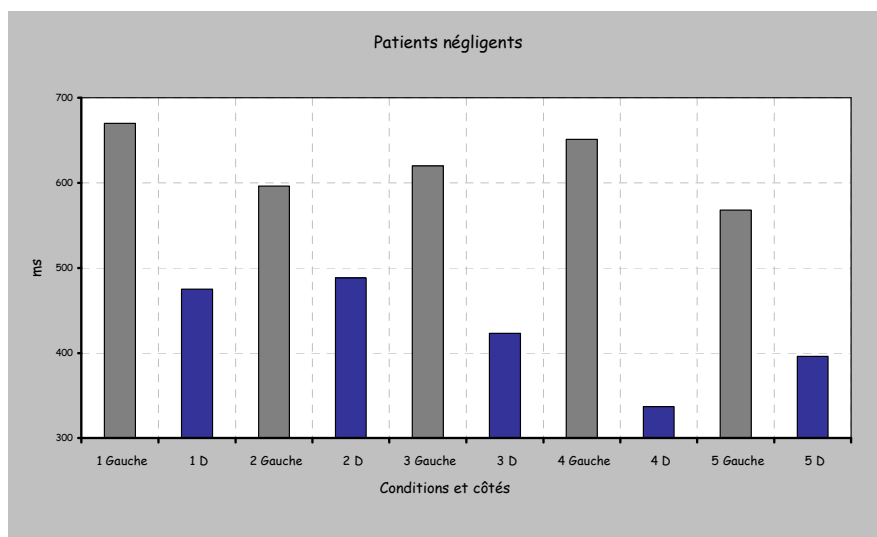
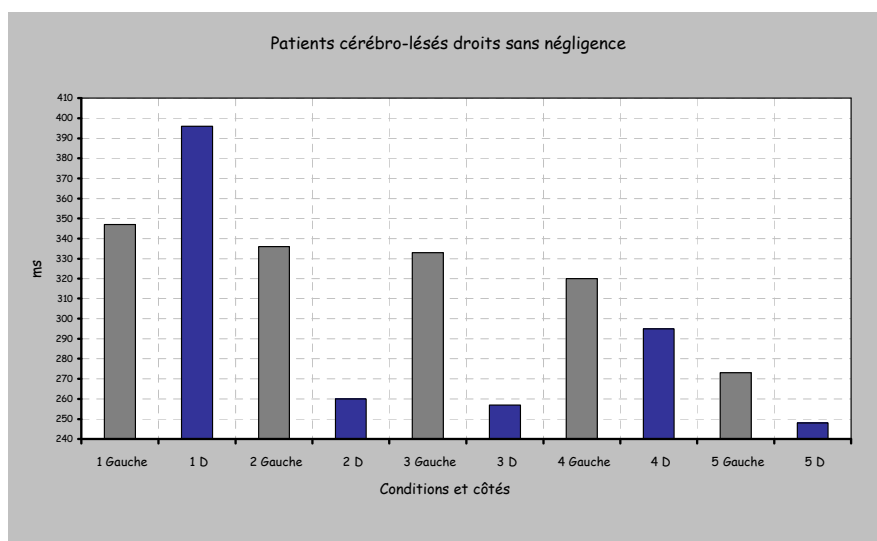
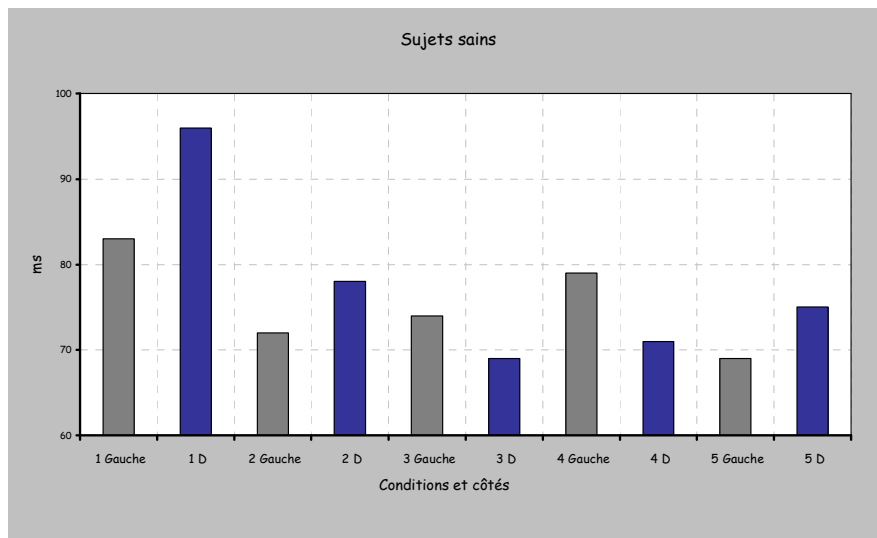
6.2. Ecart-types (ETs)

Conditions	Sujets sains		CLDN N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	83	96	670	475	347	396
2	72	78	596	488	336	260
3	74	69	620	423	333	257
4	79	71	651	337	320	295
5	69	75	568	396	273	248

Tableau 6. Ecart-types moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.

L'analyse des ET révèle un effet principal du facteur Groupe ($F(2,37)=42.15$; $p<.001$) (Fig 1B), du facteur Côté ($F(1,37)=16.08$; $p<.001$), du facteur Condition ($F(4,148)=3.955$; $p<.01$), et du facteur SOA ($F(2,74)=13.49$; $p<.001$). Nous observons également plusieurs interactions significatives : Groupe x Côté ($F(2,37)=10.94$; $p<.001$), Groupe x SOA ($F(4,74)=5.27$; $p<.001$), Condition x SOA ($F(8,296)=2.39$; $p<.02$), Groupe x Condition x SOA ($F(16,296)=2.91$; $p<.001$), Condition x Côté x SOA ($F(8,296)=3.22$; $p<.01$), et finalement Groupe x Condition x Côté x SOA ($F(16,296)=2.65$; $p<.001$). Comme les trois groupes de participants diffèrent significativement, nous avons effectué des comparaisons planifiées à l'intérieur de chaque groupe.

Tout d'abord, chez les patients CLD N+ il existe un effet du facteur Côté ($F(1,37)=28.28$; $p<.001$), signifiant une plus grande variabilité des TRs pour la détection des cibles gauches, quelle que soit la condition (condition 1 [50/50]: $F(1,37)=10.28$; $p<.01$; condition 2 [33/67]: $F(1,37)=8.59$; $p<.001$; condition 3 [50/50]: $F(1,37)=9.01$; $p<.01$; condition 4 [67/33]: $F(1,37)=41.01$; $p<.001$; condition 5 [50/50]: $F(1,37)=15.39$; $p<.001$). En revanche, l'analyse ne montre aucun effet significatif pour le groupe des patients CLD N- ni des sujets sains.



Graphiques des ETs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

7. Discussion

La manipulation de la probabilité spatiale et de la qualité perceptive des cibles influence les TRs. Globalement les sujets sains obtiennent de meilleures performances (TRs plus rapides et moins variables) que les patients cérébro-lésés droits sans négligence qui s'avèrent eux-mêmes plus performants que les patients négligents. Cependant le biais attentionnel généré par la manipulation de l'orientation spatiale n'est pas le même pour chaque groupe de participants. En effet, nous avons induit un biais attentionnel chez les sujets sains lors des deux conditions de variabilité, sachant que ce profil attentionnel artificiel a pu être maintenu durant la condition contrôle suivante. Il est donc possible d'influencer durablement le comportement attentionnel à force de manipulations implicites de l'orientation spatiale de l'attention. En revanche aucun profil typique n'est constaté pour l'analyse de la constance des réponses.

Concernant les patients négligents, la typique asymétrie de distribution de l'attention spatiale s'est ici avérée très résistante puisque le biais n'a pas été réduit dans les conditions de variabilité et notamment en cas de haute probabilité gauche contrebalancée par une faible probabilité d'apparition de la cible à droite. La perception de cibles variables n'a pas non plus accentué la variabilité des réponses.

Il a finalement été surprenant de constater que les patients cérébro-lésés sans négligence ne sont sensibles à aucune des manipulations. Ces patients se sont avérés insensibles à l'ensemble des manipulations expérimentales. Non seulement ces patients n'ont pas obtenu de profil similaire aux patients négligents mais ils se distinguent en plus des sujets sains.

Dans notre simple tâche de détection de cibles, aucune instruction explicite n'a été fournie aux différents sujets. Si l'orientation endogène relève d'un mécanisme volontaire et requiert de ce fait une connaissance consciente, et l'orientation exogène est davantage réflexe par nature, nous pouvons alors penser, en première intention, que l'orientation de l'attention pourrait être exogène du fait de l'absence d'une volonté de concentrer l'attention sur une localisation spécifique. Néanmoins, l'avantage de la haute probabilité que nous avons observé chez les sujets sains évoque une orientation plus endogène vers les cibles. Les sujets

pourraient avoir appris de façon implicite que la cible est susceptible d'apparaître d'un côté plutôt qu'un autre. En fait, la pratique et l'expérience de la tâche ont permis la construction d'attentes endogènes concernant le côté d'occurrence de la cible, ceci malgré l'absence de connaissances préalables sur la proportion des cibles apparaissant au niveau de chaque hémiespace. Cette hypothèse est en lien avec l'expérience de Bartolomeo, Decaix et Siéoff (2007) qui consiste en une tâche de détection de cible avec indiçage comportant différents degrés de prédictibilité de la cible ainsi que la présence ou pas d'informations préalables concernant les rapports indice-cible. Leurs résultats montrent que la mise en œuvre d'une orientation endogène est possible sans notification verbale chez le sujet normal et donc sans connaissance. L'orientation endogène peut survenir indépendamment de la faculté des sujets de décrire postérieurement la proportion des cibles dans chaque hémiespace (Bartolomeo et al., 2008). En fait, la probabilité spatiale peut être appréhendée sans instructions explicites ; nous montrons également que les processus endogène et exogène peuvent être explorés en utilisant une simple tâche de détection sans indiçage.

Chez les sujets sains, les résultats montrent que les attentes attentionnelles implicites peuvent avoir fourni une sorte d'indice attentionnel améliorant le traitement des objets situés dans la région la plus probable. Nous corroborons donc l'effet sur les TRs de la probabilité de localisation des cibles (Geng et Behrmann, 2002, 2005; Miller, 1988; Shaw et Shaw, 1977; Walthew et Gilchrist, 2006). Les performances sont facilitées grâce à une haute probabilité de localisation des cibles alors que la faible probabilité engendre un fort effet délétère. Il est intéressant de constater que la manipulation de l'apparition des cibles a surtout provoqué une perturbation plutôt qu'une facilitation. La détection des cibles est détériorée pour les localisations caractérisées par une faible probabilité associée aux variations des qualités perceptives de la cible. Cette inhibition du traitement pour les localisations les moins attendues s'est avérée plus importante que l'avantage d'une régularité spatiale. Etant donné que la haute probabilité spatiale peut induire un mécanisme d'orientation endogène inconscient, et la faible probabilité exclusivement une orientation exogène, la capture attentionnel d'événements exogènes inattendus a clairement été perturbée chez les sujets normaux. Ainsi les cibles imprévisibles (en terme d'occurrence et de caractéristiques perceptives) ont altéré l'orientation exogène de l'attention dans l'espace, de la même façon que le biais d'orientation exogène observé chez les patients négligents (Smania et al., 1998; Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron, 2001; voir pour revue Bartolomeo et Chokron, 2002).

En effet, comme nous l'avons déjà vu, la distribution asymétrique de l'attention spatiale des patients négligents pourrait être la conséquence d'un déficit d'attention exogène et d'une attention endogène relativement préservée mais ne pouvant pas compenser le déséquilibre inter-espace (Natale et al., 2005). Nos sujets sains ont donc adopté un comportement attentionnel évocateur de celui typiquement observé chez les patients négligents, lorsque la faible proportion de cibles avec des caractéristiques changeantes est appliquée à l'hémiespace gauche face à une haute occurrence et une cible immuable à droite. Il est intéressant d'observer que ce biais attentionnel est suffisamment solide pour durer lors d'une situation contrôle consécutive. Par conséquent les sujets sains ont continué à manifester une distribution biaisée de l'attention exogène même lorsque plus aucune manipulation expérimentale n'est introduite. Notre protocole expérimental a donc permis de simuler un comportement négligent chez le sujet sain sans intervenir sur les processus sensori-moteurs de bas niveau mais en manipulant le haut niveau de la cognition.

Plusieurs techniques basées sur des méthodes de réhabilitation de la négligence ont été utilisées pour produire transitoirement un comportement similaire à la négligence chez le sujet normal, comme par exemple l'adaptation prismatique (Michel et al., 2003). Rorden, Karnath et Driver (2001) ont étudié si l'attention visuelle normale pouvait être modulée par des stimulations proprioceptives du cou et des stimulations caloriques vestibulaires ; ils n'ont cependant pas trouvé de preuves d'un quelconque effet attentionnel chez le sujet normal. L'utilisation de ces techniques implique toujours une manipulation plus mécanique que pour notre expérience où la manipulation est cognitive et implicite.

La manipulation de la probabilité spatiale et des caractéristiques physiques de la cible n'ont pas modifié le profil des patients négligents. Leur biais attentionnel se révèle en effet très résistant puisqu'on n'observe pas d'influence d'une haute probabilité. Les patients négligents manifestent toujours le déficit d'orientation exogène et pas d'avantage suffisant d'une éventuelle orientation endogène implicite. Contrairement à Geng et Berhmann (2002), nous ne mesurons pas d'effet significatif de la probabilité spatiale au niveau de l'hémiespace négligé.

La variabilité des réponses n'est pas spécifique des patients négligents puisque les patients cérébro-lésés droits sans signe de négligence ont aussi produit plus de réponses inconstantes que les sujets sains. Cependant les patients négligents se distinguent des patients

lésés droits sans négligence par l'ampleur de la variabilité de leurs performances et par la nature latéralisée de leur déficit. La variabilité des performances peut donc être caractéristique des négligents de part son importance et sa répartition asymétrique. Ce résultat est en accord avec les études qui se sont intéressées à l'hypothèse de la variabilité chez les patients négligents et plus précisément de l'augmentation de l'inconstance des réponses pour les cibles présentées du côté gauche (Anderson, Mennemeier et Chatterjee, 2000; Bartolomeo, Siéroff, Chokron et Decaix, 2001). Nous observons ce phénomène d'asymétrie de la variabilité mais nous relevons également une importante fluctuation des performances au niveau de l'hémiespace droit. De plus, non seulement la variabilité des réponses est majeure du côté droit mais en plus les temps de réaction sont ralentis de ce même côté. L'attention semble également perturbée au niveau de l'espace ipsilésionnel. Dans leur revue, Snow et Mattingley (2006) souligne le fait que les patients négligents présentent un déficit de l'attention sélective pour le champ visuel ipsilésionnel entier. L'étude de Hoff et al. (2007) fournit un élément de compréhension de ce déficit global de l'attention. En effet, les auteurs ont examiné si le déficit attentionnel survient après une lésion de l'hémisphère droit chez le rat. Plus précisément, ils testent les effets d'un infarctus soit au niveau du cortex frontal soit du cortex pariétal de l'hémisphère droit. L'infarctus frontal a généré un déficit transitoire de l'attention spatiale au niveau de l'espace visuel controlatéral à la lésion alors qu'après un infarctus pariétal un déficit global de l'attention survient, c'est-à-dire un biais non latéralisé. La localisation lésionnelle semble donc essentielle pour l'efficacité attentionnelle. Il est usuel de dire que la négligence est consécutive d'une lésion du lobe pariétal, ce dernier étant important pour l'orientation spatiale. Corbetta et al. (1993) démontrent que les mouvements de l'attention en résonance à un pattern prédictible de localisation des cibles impliquent prioritairement les régions pariétales supérieures. Bien que traditionnellement définie comme un déficit latéralisé, la négligence est désormais considérée comme incluant aussi un déficit bilatéral. Habekost and Rostrup (2007) constatent que les troubles bilatéraux des capacités d'attention visuelle sont liés à certains types de lésions de la substance blanche, surtout les connections entre le cortex frontal et pariétal, alors que des lésions dans une large part antérieure de l'hémisphère droit n'étaient pas critiques. Les auteurs mettent également en évidence des liens de cause à effet entre des lésions du gyrus frontal droit avec une atteinte bilatérale de la rapidité du traitement visuel et qu'une leucoarïose sévère est liée à un ralentissement du traitement visuel général. Les lésions antérieures sont spécifiquement apparentées aux composantes latéralisées de la négligence, c'est-à-dire de la perception asymétrique (Habekost et Rostrup, 2006).

Il est enfin surprenant de constater que les performances des patients lésés droits sans négligence ne sont pas comparables à celles des patients négligents ni des sujets sains. Nous pouvons concevoir que l'attention visuelle est globalement perturbée puisque ces patients ne sont pas sensibles aux conditions de variabilité, comme le sont les sujets sains, et qu'ils ne manifestent pas de déficit attentionnel latéralisé. Il semble nécessaire de considérer la localisation lésionnelle de ces patients lésés droits afin de comprendre l'absence d'effet.

Nous avons donc montré dans cette expérience qu'il était possible d'influencer le comportement attentionnel des sujets sains en manipulation la probabilité spatiale ainsi que les caractéristiques perceptives des cibles. En effet, nous avons cherché à maximiser la nature variable des cibles à détecter afin de perturber la capture attentionnelle des participants. En contre-partie, nous n'avons pas observé d'effet bénéfique sur les performances des patients négligents lorsque les régularités sont intensifiées. Afin de mesurer la responsabilité de chacun de ces deux facteurs (probabilité spatiale et variations perceptives) dans les effets observés, nous avons par la suite isolé chacun d'entre eux lors de deux expériences distinctes. En premier lieu, l'impact de la probabilité d'apparition des cibles est étudié ; nous souhaitons observer si les patients négligents sont en mesure de percevoir une manipulation implicite de la proportion de cibles distribuée entre les deux hémispaces, gauche et droit, mais également si seule cette variabilité de probabilité d'apparition des cibles peut implicitement influencer les performances des sujets sains.

III- Expérience 3 - Introduction d'une variabilité spatiale dans la détection de cibles visuelles -

1. Introduction

La négligence spatiale unilatérale est une pathologie neurologique très invalidante, qui est le plus souvent consécutive d'une lésion hémisphérique droite. La symptomatologie est très caractéristique et s'exprime principalement par un biais directionnel vers la droite, les patients négligents gauches souffrant d'un déficit sévère de la détection de cibles et de l'initiation de réponses motrices dans l'espace contralésionnel, c'est-à-dire l'hémiespace gauche. Bien que les déficits cognitifs puissent correspondre à différents niveaux d'atteintes chez chaque patient négligent (Bartolomeo et Chokron, 2001), il semble malgré tout ressortir un consensus de l'ensemble des études suggérant l'importance des fonctions attentionnelles dans l'explication théorique de la négligence (Bartolomeo et Chokron, 2002). La plupart des hypothèses attentionnelles postulent un déficit de l'orientation spatiale de l'attention sélective chez les patients négligents. Le concept d'attention sélective spatiale renvoie à la capacité de se concentrer, se fixer, sur une aire de l'espace visuel afin de faciliter la détection d'une cible (Posner et Petersen, 1990). Ce mécanisme permet à l'organisme de sélectionner une partie de l'information qui est enregistrée par les sens, pour le traitement et l'action ; le bénéfice s'exprime en termes de rapidité et d'exactitude de traitement des objets survenant dans une région attendue de l'espace comparativement aux objets localisés dans une région inattendue (Posner, 1980). Ce phénomène est associé à une dissociation fondamentale décrite dans nombre des modèles d'attention sélective (Desimone et Duncan, 1995) entre une orientation exogène versus endogène de l'attention c'est-à-dire des mouvements attentionnels induits par le stimulus ou dirigés par l'individu. L'orientation exogène de l'attention correspond à un processus automatique, réflexe et passif. C'est l'objet extérieur qui va attirer de façon réflexe l'attention. Par contre, la notion d'orientation endogène de l'attention implique un processus volontaire et actif. L'individu dirige lui-même son attention vers un type d'information ; c'est lié à son intention. Ces deux mécanismes sont donc en interaction durant l'exploration visuelle de l'environnement. Plusieurs études récentes émettent l'hypothèse que le mécanisme à l'origine du comportement négligent pourrait correspondre à un déficit de l'orientation exogène de l'attention vers les cibles situées à gauche alors que le processus endogène

semblerait relativement préservé, même s'il est ralenti (voir Bartolomeo et Chokron, 2002, pour une revue).

En effet, Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix (2001) évoque un modèle théorique explicatif de la négligence se référant à un biais de l'orientation exogène de l'attention, ce qui pourrait, selon eux, être responsable de la variabilité des TRs souvent observée chez les patients négligents (Anderson, Mennemeier et Chatterjee, 2000). Une sorte de gradient de performance impliquerait une capture attentionnelle moins probable des stimuli visuels plus ces derniers apparaissent du côté gauche. Ces mêmes auteurs (Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron, 2001) ont spécifiquement testé les processus endogène et exogène de l'attention chez les patients négligents et constatent donc une altération de l'orientation exogène mais également des capacités pour orienter l'attention endogènement relativement intactes ; ces dernières étant simplement ralenties.

De la même façon, Vecera et Flevaris (2005) se sont interrogés sur la nature endogène ou exogène du déficit attentionnel rencontré chez les patients négligents et plus précisément suite à une lésion du lobe pariétal. Les auteurs utilisent la tâche de détection visuelle indicée de Posner (Posner, 1980 ; Posner et Cohen, 1984 ; Posner, Snyder et Davidson, 1980) afin de simuler le comportement des patients avec lésion pariétale chez des sujets normaux, ceci dans l'objectif d'explorer les paramètres du contrôle attentionnel. Leurs résultats confirment la perturbation de l'orientation exogène de l'attention suite à une lésion du lobe pariétal. Ce même protocole de Posner a également été utilisé par Ladavas, Carletti et Gori (1994) pour étudier spécifiquement les désordres au niveau des mouvements attentionnels des patients négligents. L'orientation volontaire et l'orientation réflexe de l'attention sont testées grâce à des indices centraux et périphériques. Les indices centraux pointant vers la gauche (orientation endogène) permettent de diminuer le nombre d'omissions des cibles gauche chez les patients négligents alors que les indices périphériques présentés dans l'hémiespace gauche (orientation exogène) n'ont pas d'effet significatif sur l'exactitude des réponses. On retrouve donc là encore le déficit d'orientation induite par des stimuli externes dans le champ visuel opposé à la lésion chez les négligents.

Comme nous l'avons vu précédemment, le type de présentation des stimuli ainsi que le mode d'exploration attentionnel de l'espace vont générer un processus spécifique d'orientation de l'attention visuelle. Il est en fait possible de manipuler les mouvements attentionnels des sujets à l'aide de protocoles expérimentaux, en intervenant notamment sur

les attentes de ces derniers. Cette manipulation peut par exemple s'effectuer en utilisant la fréquence d'apparition des cibles. On entend par là la distribution d'un point de vue quantitatif des cibles entre les deux hémiespaces, gauche et droit. Il s'agit de faire varier le nombre d'apparition des cibles afin d'orienter l'attention vers une localisation. Ce type de manipulation expérimentale peut s'effectuer avec la participation consciente des sujets ou en s'abstenant de leur faire part explicitement du protocole. En bref, le sujet devrait donc diriger, de façon explicite ou implicite, son attention vers un emplacement en fonction de la distribution des cibles entre les deux hémiespaces. L'introduction de ce type de variables a pour effet d'influencer les attentes et donc la préparation des sujets en tâche de détection de cibles. Un observateur a des TRs visuels plus rapides pour détecter une cible visuelle à une localisation attendue qu'à un emplacement inattendu (Posner, Snyder and Davidson, 1980). Les TRs seront en effet ralentis lorsque la cible apparaît à une localisation contralatérale à l'attente. Hughes et Zimba (1985) retrouvent cet effet facilitateur pour des cibles attendues, cet effet ne s'appliquant pas lorsque toutes les localisations attendues et inattendues se situent dans le même hémichamp. Seul l'emplacement contralateral symétrique en miroir à l'attente produit des TRs lents. L'orientation de l'attention visuelle spatiale à une localisation spécifique peut donc être facilitée (en terme de TRs) ou optimisée par l'aspect attendu des cibles dans une tâche visuelle (Shaw et Shaw, 1977 ; Hoffmann et Kunde, 1999 ; Handy et al., 2001).

Une cible attendue correspond en fait à l'apparition à une localisation où il y a habituellement une cible et inversement pour la cible inattendue. Ce phénomène induit donc la notion de probabilité dans l'apparition des cibles.

Utilisant le même type de paradigme que Ladavas et coll (1994), mais uniquement avec des indices périphériques, Bartolomeo, Decaix et Siéroff (2007) font varier la prédictibilité de l'indice périphérique en manipulant la proportion de ce dernier, c'est-à-dire 80% valide-20% invalide ou 50% valide-50% invalide ou encore 20% valide-80% invalide, entre l'hémiespace gauche et droit. La condition où la plupart des cibles étaient invalides (80%) prédisait que la cible devait apparaître dans le carré opposé à celui indicé. Dans cette condition, les auteurs ont fait l'hypothèse que les indices devraient normalement provoquer une orientation exogène initiale vers le carré indicé, suivi plus tard par une inhibition de ce déplacement exogène, pour être remplacé par un mouvement endogène vers le carré non indicé. Considérant que les patients négligents sont capables de diriger endogènement leur attention vers les cibles gauches après un indice à droite (Bartolomeo, Siéroff, Decaix et

Chokron, 2001), on peut s'interroger sur la nature explicite ou implicite des stratégies impliquées.

Miller (1988) a manipulé l'occurrence des cibles à différents emplacements en changeant leur probabilité d'apparition. Les localisations de cibles étaient distribuées avec une haute ou une équivalente probabilité. Les sujets présentent une facilitation (réponses plus rapides et plus justes) pour détecter les cibles dans le cas d'une haute probabilité. L'auteur propose, pour expliquer cet effet, que la haute probabilité a servi d'indice attentionnel, et a donc induit la concentration du traitement pour l'emplacement spatial de la cible. Donc, la haute probabilité a permis une forme de préparation pour orienter l'attention vers une aire spécifique car attendue ; la détection de la cible s'en trouve alors améliorée. Dans leur étude, Carreiro, Haddad et Baldo (2003) ont utilisé le même principe expérimental : les manipulations de la probabilité spatiale pour examiner les modulations de TRs. Ils confirment qu'une plus grande facilitation (TRs courts) est observée avec l'augmentation de la probabilité spatiale.

Ainsi, cette probabilité spatiale peut endosser un rôle d'indice guidant l'orientation de l'attention (Geng et Behrmann, 2005; Miller, 1988). Quand les sujets associent, de façon consciente ou non, la probabilité à l'apparition de la cible au niveau d'un emplacement spécifique, ils focalisent leurs ressources de traitement perceptif vers cet emplacement (Shaw, 1978; Shaw et Shaw, 1977). En fait les cibles sont détectées plus rapidement lorsqu'elles apparaissent à un emplacement qui contient habituellement une cible plutôt à un emplacement qui n'en contient que rarement. L'influence de la prédictibilité a été étudiée par Smania et ses collègues (1998) sur la rapidité et l'exactitude des réponses de patients négligents durant une tâche de détection visuelle. Les auteurs évaluent les processus attentionnels automatiques et contrôlés en manipulant la prédictibilité du côté de présentation du stimulus. Les patients négligents ont profité de la connaissance préalable du côté d'apparition, même au niveau de leur hémiespace contralésionnel. Cette plus grande rapidité d'exécution de la tâche au niveau des deux hémiespaces prouve que les patients ont été capables de fixer volontairement leur attention du côté de présentation du stimulus ; en revanche, aucune modification de la différence gauche/droite n'a été observée.

Les études de neuro-imagerie explorant l'attention sélective ont identifié des réseaux neuronaux au niveau du lobe pariétal pour l'orientation bottom-up de l'attention et la capture attentionnel top-down (Behrmann, Geng et Shomstein, 2004 pour revue). La jonction temporo-pariétale s'est avérée plus active quand l'attention est orientée exogènement mais également lorsque le système attentionnel répond à un stimulus inattendu (Downar et al., 2002). Corbetta et ses collègues (2000) corroborent cette conclusion, puisqu'ils observent également le rôle de la jonction temporo-pariétale droite pour détecter des cibles présentées à un emplacement inattendu. Pour les emplacements attendus, une activation de la scissure intrapariétale est observée. Cependant, Kincade et al. (2005) ne retrouve pas d'activation de cette jonction temporo-pariétale lors d'une attraction exogène de l'attention.

Comme nous l'avons déjà vu, la capture exogène de l'attention peut être modulée par l'introduction d'une variabilité dans la présentation des cibles. Cela conduit à s'interroger sur l'influence de ces manipulations sur les performances des patients négligents. Geng et Behrmann (2002) ont étudié dans quelle mesure des variations dans la probabilité de localisation des cibles peut affecter la recherche visuelle (détection de lettres parmi des distracteurs) chez le sujet normal et les patients souffrant d'une négligence gauche. La manipulation de la probabilité a été appliquée à deux conditions se déroulant séquentiellement dans des blocs d'essais séparés. Dans la condition de référence, les cibles étaient susceptibles d'apparaître également n'importe où dans l'espace. Dans la condition inégale, les cibles étaient présentées, pour la moitié de l'espace, avec 80% de probabilité et pour l'autre moitié avec 20% de probabilité. La condition 80% de probabilité était contrebalancée chez les sujets normaux, entre les deux côtés gauche et droit alors qu'elle n'a été appliquée que du côté gauche pour les patients négligents. Aucune explication sur les variations de probabilité n'était fournie au début de l'expérience, les participants devant simplement répondre à la cible plus rapidement et le plus justement possible. Les sujets normaux répondent plus rapidement lorsque la cible apparaît à l'emplacement le plus probable. Les patients négligents se révèlent également sensibles à la distribution des cibles, même au niveau de leur hémiespace négligé. Comme dans l'étude de Smania et al. (1998), la facilitation de la réponse était proportionnelle à celle des sujets normaux et d'une ampleur équivalente dans l'hémiespace négligé ; en revanche, le gradient attentionnel caractéristique des négligents n'a pas été éliminé. Il est intéressant de noter que les sujets normaux comme les patients négligents ont exploité la distribution inégale des cibles pour améliorer leurs performances sans instruction explicite ou même connaissance de biais dans leur comportement. Donc, ces études suggèrent que les

patients négligents se révèlent quand même sensibles aux probabilités comme les sujets sains le sont, bien qu'ils manifestent encore un déficit de l'orientation exogène de l'attention (Geng et Behrmann, 2002; Smania et al., 1998).

Le but de cette étude est de mener un examen approfondi de la façon dont la variabilité dans la probabilité de localisation des cibles affecte l'orientation de l'attention spatiale des patients négligents gauches et des sujets sains. Pour atteindre cet objectif, la probabilité spatiale des cibles a été manipulée au niveau de l'hémiespace gauche mais également droit durant une simple tâche de détection visuelle. Deux groupes de sujets sains ont été comparés à celui des patients négligents. Nous souhaitons étudier (1) si l'attention spatiale peut être biaisée chez les sujets sains et (2) si le gradient attentionnel caractéristique des patients négligents peut être réduit en manipulant la présentation des cibles dans l'espace. Plus précisément, nous proposons que la diminution ou l'augmentation du nombre de cibles dans un hémiespace pourraient affecter les deux mécanismes, exogène et endogène, d'orientation de l'attention. Nous supposons que tous les participants pourraient implicitement et endogènement orienter leur attention en situation de haute probabilité et de façon exogène pour les conditions de faible probabilité. Si le comportement négligent gauche provient d'une orientation exogène dirigée sur la droite (attraction droite) mais également d'un déficit de l'orientation exogène vers la gauche, la présentation de cibles visuelles avec une haute probabilité d'occurrence du côté gauche pourrait améliorer la performance de ces patients négligents en orientant endogènement et exogènement leur attention vers l'hémiespace négligé. Enfin, la constance des réponses sera analysée pour tous les groupes de participants, afin de vérifier un possible impact sur la variabilité des réponses due à la variation du nombre de cibles présentées.

2. Sujets

Au total, 28 participants ont accepté d'effectuer cette expérience. Le groupe de sujets sains contrôles était divisé en deux groupes d'âge : (1) 14 jeunes adultes, dont 8 femmes, avec une moyenne d'âge de 20,6 ans, les âges s'étalant de 18 à 25 ans, et (2) 14 adultes plus âgés, dont 8 femmes, avec une moyenne d'âge de 53,2 ans, allant de 25 à 82. Ces deux groupes nous ont permis de contrôler l'effet de l'âge sur les temps de réaction. Tous les sujets sains

ont une vision normale, corrigée ou pas, et aucun trouble neurologique. Les sujets sont droitiers et sont restés naïfs quant aux objectifs de l'étude.

Le groupe des patients cérébro-lésés compte 14 participants avec des manifestations cliniques et/ou radiologiques d'une lésion unilatérale vasculaire (ischémique ou hémorragique) ; ce groupe comprend 6 femmes et 8 hommes, avec une moyenne d'âge de 52,7 ans, échelonnés de 19 à 75 ans. La localisation de la lésion cérébrale a été déterminée grâce à une imagerie (IRM et/ou scanner). Le tableau 7 montre les informations démographiques et les caractéristiques cliniques des patients.

Les patients présentant une lésion cérébrale hémisphérique droite ont été sélectionnés sur la base de signes d'une négligence gauche. La NSU a été diagnostiquée grâce à une évaluation neuropsychologique ; une batterie standardisée d'évaluation de la négligence (BEN, Azouvi et al, 2002), incluant entre autres des bisections de lignes, du barrage, de la copie de dessins, a en effet été utilisée. Nous nous sommes également assurés qu'aucun trouble neuro-visuel, tel qu'une hémianopsie (périmétrie de Goldmann), n'était associé à la négligence. Tous les participants ont donné leur consentement pour réaliser cette expérience, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

Tableau 7. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Sequence	Patients négligents	Genre	Age (Années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
1	1	Homme	50	346	D fronto-pariétal (I)
1	2	Femme	31	91	D temporo-pariétal (I)
1	3	Homme	19	245	D temporo-pariétal (H)
1	4	Femme	53	156	D capsule interne (H)
1	5	Femme	65	119	D temporo-pariétal (I)
1	6	Homme	73	342	D ganglions de la base, capsule interne (I)
1	7	Femme	37	168	D temporo-pariétal (H)
2	1	Homme	34	77	D pariétal (I)
2	2	Homme	67	42	D temporo-pariétal (I)
2	3	Homme	54	244	D thalamique et capsulaire (H)
2	4	Femme	75	113	D temporo-pariétal (I secondairement H)
2	5	Homme	63	92	D ganglions de la base, capsulaire, frontal (I)
2	6	Femme	75	137	D temporo-pariétal (I)
2	7	Homme	43	288	D thalamique et capsulaire (H)

Légende. D, hemisphere droit; H, hémorragique; I, ischémique

3. Matériel

Trois carrés de 15mm x 15mm étaient présentés sur un écran à fond blanc d'un ordinateur. Les carrés étaient disposés horizontalement, le carré du milieu étant présenté au centre de l'écran. Le carré central contenait un petit point noir de fixation et était éloigné de 15mm des deux autres carrés latéraux. La cible à détecter était une étoile de 2mm pouvant apparaître à l'intérieur de l'un des deux carrés latéraux.

4. Procédure

Les participants étaient confortablement assis en face d'un ordinateur à la distance approximative de 55 cm. Il était demandé aux sujets de maintenir leur fixation visuelle tout au long de l'expérience et de répondre à la cible le plus rapidement possible, en appuyant sur la barre espace du clavier avec l'index de leur main droite.

Quand les trois carrés étaient visibles sur l'écran blanc, la cible pouvait apparaître soit dans le carré latéral gauche soit dans le droit avec une SOA (stimulus-onset asynchrony) variable (150, 500 ou 1000 ms) ; la cible restait visible jusqu'à la réponse, afin de minimiser le plus possible d'omissions. Les mouvements oculaires étaient contrôlés par l'expérimentateur et les essais sans fixation visuelle étaient retirés de l'analyse. Il y avait un temps inter-essais de 1000 ms (écran blanc). L'expérience était composée de 3 blocs totalisant respectivement 78, 186 et 186 essais. Une période d'essai de 30 présentations était initialement proposée. Une brève période de repos était permise entre chaque bloc. Au total, il y avait 450 essais dont la moitié apparaissait dans le carré de gauche et l'autre moitié dans le carré de droite.

Les temps de réaction (TRs) étaient mesurés entre la présentation de la cible et la réponse du sujet. Seulement les TRs compris entre 130 et 2000 ms ont été analysés. En effet, les TRs inférieurs à 130 ms ont été considérés comme des anticipations et ceux supérieurs à 2000 ms des omissions. Pour chaque participant, les TRs moyens et les écart-types (ET) ont été calculés. Notons que l'effet des SOA n'a pas été interprété puisqu'elles n'ont été introduites que pour éviter les réponses automatiques. L'analyse statistique des TRs et des ETs évalue l'effet de la variabilité de la probabilité spatiale sur l'orientation de l'attention et mesure son impact selon la distribution entre les deux hémiespaces.

Le but de cette étude était de manipuler l'occurrence des cibles entre l'hémiespace gauche et droit. Il y avait trois distributions possibles : (1) une condition d'égale probabilité (50% à gauche et 50% à droite), (2) une condition de variabilité avec renforcement à droite (23% à gauche et 77% à droite), et (3) une condition de variabilité avec renforcement à gauche (77% à gauche et 23% à droite). La moitié des participants de chaque groupe a effectué la séquence 1 correspondant au déroulement suivant : (1) condition de probabilité égale entre les deux hémiespaces, (2) condition de variabilité avec haute probabilité à gauche, (3) condition de probabilité égale, (4) condition de variabilité avec haute probabilité à droite, et (5) condition de probabilité égale. Pour la séquence 2, présentée à l'autre moitié des participants de chaque groupe, les conditions de variabilité étaient chronologiquement inversées.

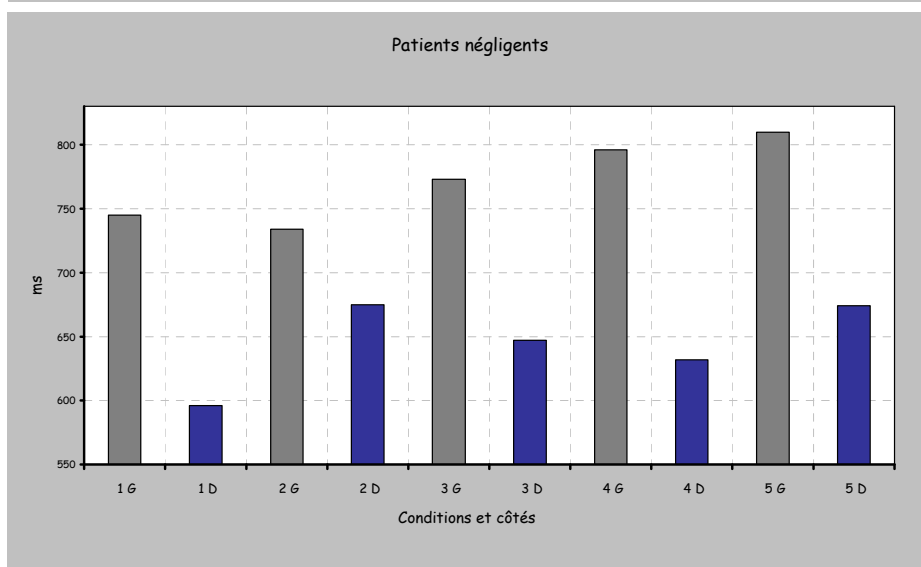
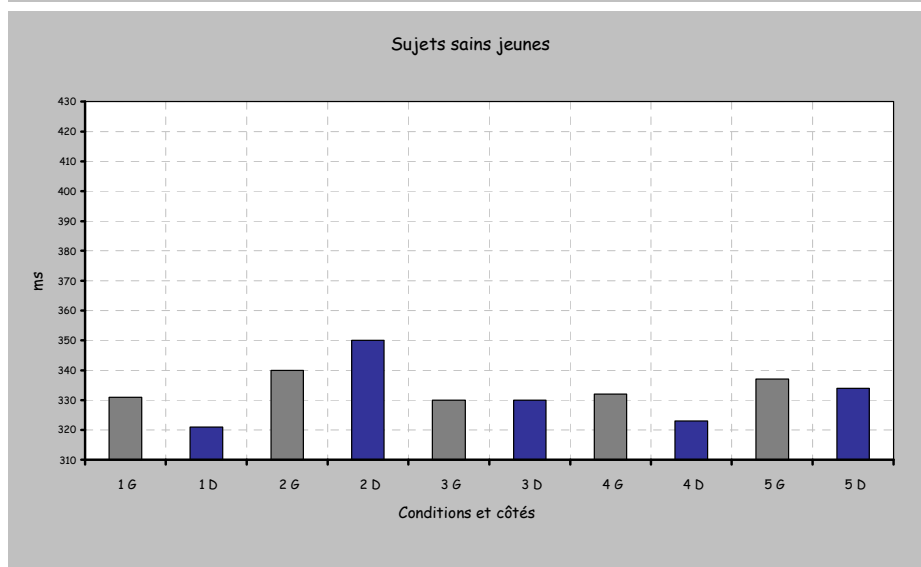
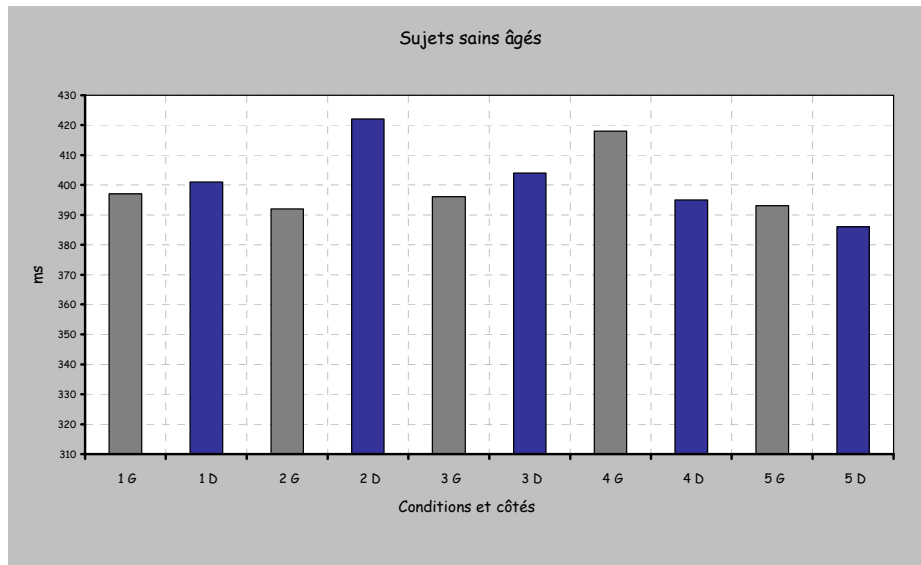
5. Résultats

5.1. Différences inter-groupes

Les TRs moyens ont constitué la base de données pour effectuer une analyse de variance (ANOVA) avec le facteur Groupe (jeunes sujets sains, sujets sains âgés et patients négligents) et le facteur Séquence (1 et 2) comme variable indépendantes, ainsi que les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit) et SOA (150, 500 et 1000 ms) comme variables dépendantes. La même analyse a été conduite sur les ETs moyens. Notons que pour la construction du tableau de données, les deux séquences ont été combinées ; il en résulte le déroulement de conditions expérimentales suivant : condition 1 (50%-50%), condition 2 (77%-23%), condition 3 (50%-50%), condition 4 (23%-77%) et condition 5 (50%-50%).

Conditions	Sujets sains âgés		Sujets sains jeunes		CLD N+	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	397	401	331	321	745	596
2	392	422	340	350	734	675
3	396	404	330	330	773	647
4	418	395	332	323	796	632
5	393	386	337	334	810	674

Tableau 8. Temps de réaction moyens pour les sujets sains âgés, les sujets sains jeunes et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.



Graphiques des TRs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

Tout d'abord, pour l'analyse des TRs, un effet principal du facteur Groupe, $F(2, 36) = 34.19$, $p < .001$, Séquence, $F(1, 36) = 5.58$, $p < .05$, Côté, $F(1,36)=28,36$; $p<.0001$ et SOA, $F(2, 72) = 15.29$, $p < .001$, a été obtenu. On observe également de nombreuses interactions : Séquence x Groupe, $F(2, 36) = 5.39$, $p < .01$, Groupe x Condition, $F(8,144)=2,3$; $p<.05$, Groupe x Côté $F(2,36)=28,4$; $p<.0001$, Condition x Côté $F(8,144)=8,9$; $p<.0001$, Séquence x SOA $F(2,72)=3,5$; $p<.05$, Groupe x Séquence x Côté $F(2,36)=5,3$; $p<.01$, Séquence x Condition x Côté $F(4,144)=2,6$; $p<.05$, Groupe x Côté x SOA $F(4,72)=3,96$; $p<.01$, Groupe x Séquence x Condition x Côté $F(8,144)=2,21$; $p<.05$, Groupe x Séquence x Côté x SOA $F(4,72)=3,73$; $p<.01$, Séquence x Condition x Côté x SOA $F(8,288)=2,79$; $p<.01$. On observe enfin l'interaction à 5 facteurs : Groupe x Séquence x Condition x Côté x SOA $F(16,288)=2,06$; $p<.01$.

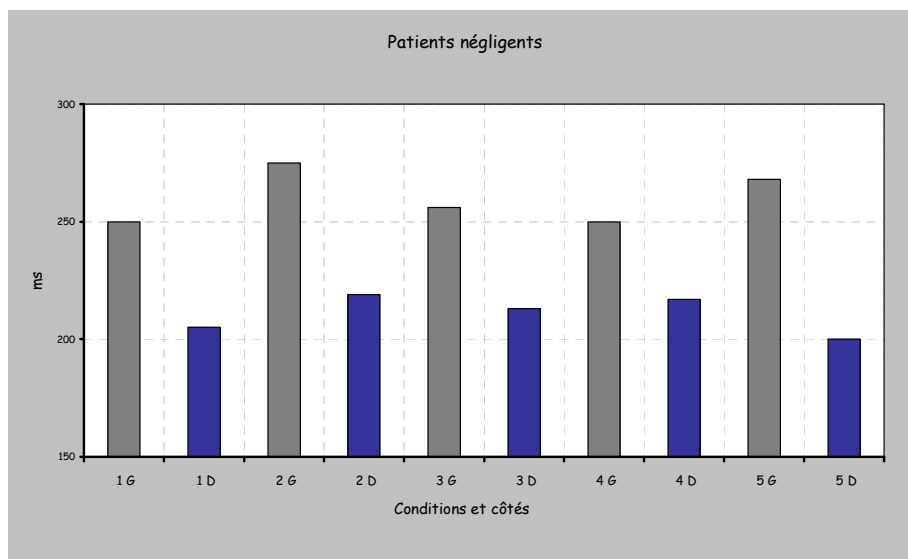
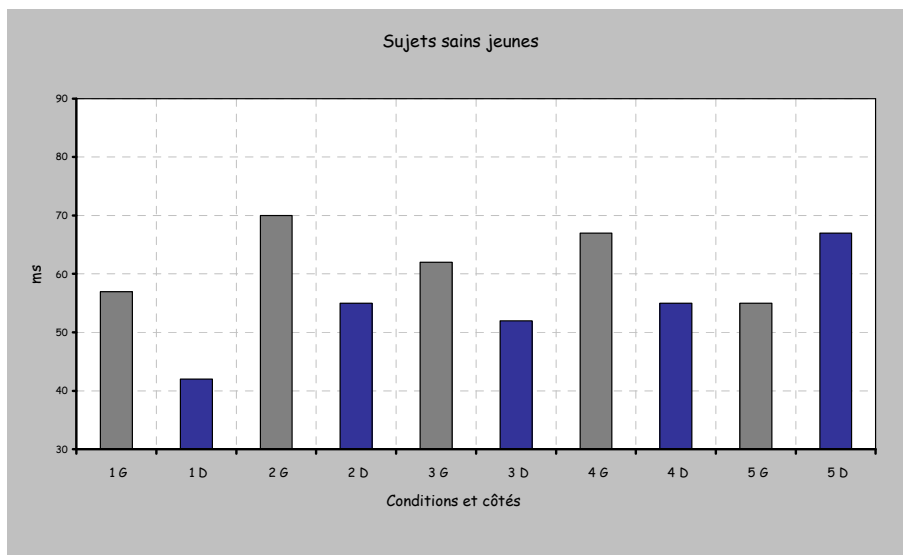
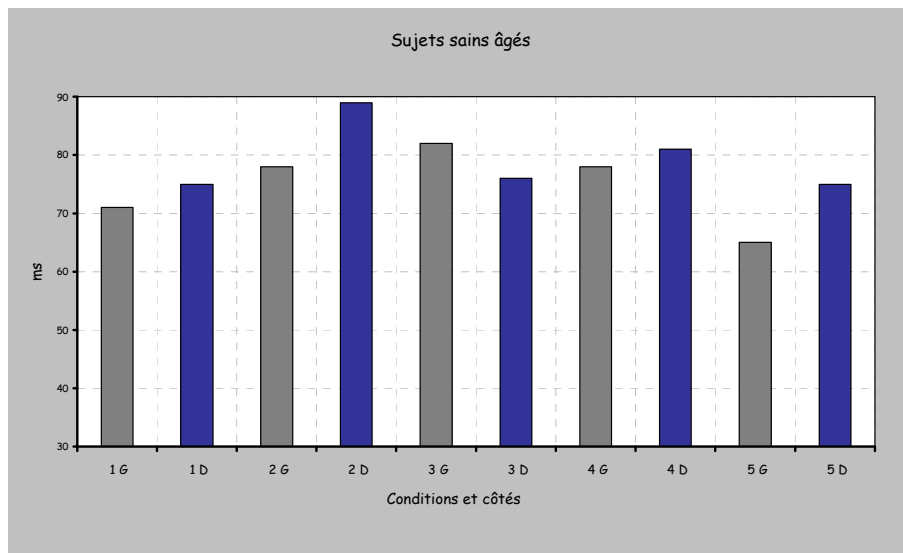
La réalisation de comparaisons planifiées au niveau de l'effet principal du groupe indique que les patients négligents sont plus lents que les deux groupes de sujets sains, jeunes ($F(1,36)=60,18$; $p<.0001$) et plus âgés ($F(1,36)=40,42$; $p<.0001$) ; aucune différence significative n'est observée entre ces deux groupes de sujets sains.

Concernant l'interaction Séquence x Groupe, on constate un effet significatif de la séquence uniquement pour les patients négligents $F(1, 36) = 16.01$, $p < .001$, avec des TRs pus rapides pour la séquence 2. En revanche, aucun effet de la séquence n'est obtenu pour les groupes de sujets sains.

L'analyse des ETs met en évidence un effet principal du facteur Groupe, $F(2, 36) = 47.48$, $p < .001$, Côté $F(1,36)=9,86$; $p<.01$, SOA $F(2,72)=15,29$; $p<.0001$. Les interactions suivantes se révèlent significatives : Groupe x Séquence $F(2,36)=3,87$; $p<.05$, Groupe x Côté $F(2,36)=8,08$; $p<.001$, Groupe x Côté x SOA $F(4,72)=2,5$; $p<.05$.

Conditions	Sujets sains âgés		Sujets sains jeunes		CLD N+	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	71	75	57	42	250	205
2	78	89	70	55	275	219
3	82	76	62	52	256	213
4	78	81	67	55	250	217
5	65	75	55	67	268	200

Tableau 9. Ecart-types moyens pour les sujets sains âgés, les sujets sains jeunes et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.



Graphiques des ETs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

Les comparaisons planifiées pointent une plus grande variabilité des réponses pour les patients négligents comparativement aux sujets sains âgés ($F(1,36)=62,87$; $p<.0001$) et aux sujets sains jeunes ($F(1,36)=78,7$; $p<.0001$). Les deux groupes de sujets sains ne diffèrent pas. L'interaction Groupe x Séquence caractérise uniquement des réponses moins constantes lors de la séquence 2 pour les patients négligents $F(1, 36) = 9.83, p <.01$.

Compte tenu de la complexité des effets obtenus pour les trois groupes de participants, nous avons effectué une ANOVA pour chacun des groupes, sujets sains âgés, sujets jeunes et patients négligents.

5.2. Sujets sains âgés

L'analyse de variance incluant les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit) et SOA (150, 500 et 1000 ms) met en évidence un effet principal du facteur SOA $F(2,26) = 35.23, p < .001$, ainsi qu'une interaction significative Condition x Côté $F(4,52) = 6.16, p < .001$.

La réalisation de comparaisons planifiées pointe une différence entre les deux côtés de présentation, gauche et droit, significative pour les deux conditions de variabilité n°2 $F(1, 13) = 6.14, p < .05$, et la Condition 4, $F(1, 13) = 7.58, p < .05$. Les sujets sains âgés obtiennent un profil attentionnel inversé si l'on compare les deux côtés de présentation de ces deux conditions de variabilité (interaction Condition x Côté, $F(1, 13) = 12.47, p < .01$) ; ce profil caractérise des TRs plus longs pour détecter les cibles qui apparaissent avec une probabilité de 23%.

Il est ensuite intéressant de souligner les résultats obtenus suite aux comparaisons planifiées effectuées sur les conditions d'égale probabilité et de variabilité. En effet, on observe des différences significatives entre les deux côtés de présentation de la cible pour les conditions 2 et 5 ($F(1, 13) = 5.7, p < .05$) mais également 3 et 4 ($F(1, 13) = 7.25, p < .05$). La source de ces interactions correspond à la persistance du même profil attentionnel créé par la variabilité durant les conditions de contrôle consécutives.

L'analyse de variance effectuée sur les ETs des sujets sains âgés n'a pas montré d'effet significatif.

5.3. Sujets sains jeunes

La même analyse de variance utilisant les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit) et SOA (150, 500 et 1000 ms) est réalisée sur les données (TRs et ETs) des sujets sains jeunes.

Tout d'abord, concernant l'analyse des TRs, un effet principal du facteur Condition $F(4, 52) = 5.01$, $p < .01$, et du facteur SOA, $F(2, 26) = 107.88$, $p < .001$ est obtenu. A cela s'ajoutent deux interactions significatives : Condition x Côté $F(4, 52) = 4.05$, $p < .01$, et Condition x SOA $F(8,104)=2,14$; $p<.05$.

Concernant l'effet principal de la condition et l'interaction condition x côté, les comparaisons planifiées montrent que la condition 2 se distingue des autres conditions, hormis de la condition 3, lorsque l'on compare les deux côtés de présentation de la cible : 1 vs. 2 [$F(1, 13) = 6.96$, $p < .05$]; 2 vs. 4 [$F(1, 13) = 19.48$, $p < .001$]; et 2 vs. 5 [$F(1, 13) = 13.13$, $p < .01$]. Les sujets sains jeunes manifestent donc, comme les sujets plus âgés, un changement de leur comportement attentionnel, c'est-à-dire de la distribution de leurs ressources entre l'hémiespace gauche et droit, lorsque la plus haute probabilité d'apparition des cibles est appliquée au niveau de l'hémiespace gauche et la faible probabilité à droite, comparativement à la condition de référence (condition 1) et une condition contrôle d'égale probabilité entre les deux côtés (condition 5). Il existe par ailleurs, une différence significative entre les TRs gauches et droits pour cette condition 2 de variabilité $F(1, 13) = 9.4$, $p < .01$, traduisant des TRs beaucoup plus lents à droite (23%) qu'à gauche (77%).

Il est enfin intéressant de noter une tendance à la significativité de la différence entre le côté de présentation gauche et droit de la faible probabilité d'apparition de la cible (23%), $F(1,13)=4,09$; $p<.06$, allant dans le sens d'un net effet délétère de ce 23% à droite par rapport à son application gauche. Notons que ce 23% présenté à gauche se distingue significativement de tous les côtés des autres conditions (Condition 1/2 : $F(1,13)=22,08$; $p<.001$; Condition 2/3 : $F(1,13)=18,84$; $p<.001$; Condition 2/4 : $F(1,13)=22,24$; $p<.001$; Condition 2/5 : $F(1,13)=6,44$; $p<.05$). On observe également une différence significative entre une présentation gauche et droite du 77%, $F(1,13)=13,21$; $p<.01$, où les TRs sont plus lents à gauche.

L'analyse de variance effectuée sur les ETs, montre tout d'abord un effet principal du facteur Côté $F(1, 13) = 6.497, p < .05$, caractérisant des réponses moins constantes au niveau de l'hémiespace gauche, ainsi que du facteur SOA $F(2,26)=5,95 ; p<.01$. Une interaction significative, Condition x Côté $F(4,52)=4,14 ; p<.01$, est également obtenue. On observe, grâce aux comparaisons planifiées que la distribution des performances obtenue pour la condition 5 se distingue de toutes les autres conditions 1 vs. 5 [$F(1, 13) = 7.54, p < .05$]; 2 vs. 5 [$F(1, 13) = 7.2, p < .05$]; 3 vs. 5 [$F(1, 13) = 5.62, p < .05$]; et 4 vs. 5 [$F(1, 13) = 8.194, p < .05$], puisque cette condition 5 est la seule à montrer des ETs sensiblement moins constants à droite qu'à gauche. Une différence significative entre les côtés gauche et droit, est observée pour les conditions 1, $F(1, 13) = 11.62, p < .01$, et 2, $F(1, 13) = 31.45, p < .001$.

5.4. Patients négligents

Une analyse de variance est enfin appliquée aux données (TRs et ETs) des patients négligents, incluant les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit) et SOA (150, 500 et 1000 ms).

Comme nous pouvions l'attendre, un effet principal du facteur Côté se révèle significatif ($F(1, 13) = 22.71, p < .001$), traduisant des réponses plus rapides à droite qu'à gauche. Il y a également une interaction significative entre les facteurs Condition et Côté ($F(4, 52) = 3.48, p < .05$).

La réalisation de comparaisons planifiées objective des différences significatives entre les deux côtés d'apparition de la cible pour la condition 2 comparée à toutes les autres conditions du protocole : 2 vs. 1 [$F(1,13) = 7.02, p < .05$]; 2 vs. 3 [$F(1,13) = 5.98, p < .05$]; 2 vs. 4 [$F(1,13) = 14.04, p < .01$], et 2 vs. 5 [$F(1,13) = 9.13, p < .01$]. En fait, la condition 2 s'avère être la seule à ne pas traduire de différence gauche/droite significative ($F(1, 13) = 4.02, p > .05$). Cette condition 2 de variabilité (se caractérisant par 77% des cibles présentés à gauche et 23% à droite) a permis d'éliminer le biais attentionnel typiquement observé chez les patients négligents.

Concernant l'analyse des ETs, on retrouve l'effet principal du facteur Côté $F(1, 13) = 9.78, p < .01$). Les patients négligents obtiennent des réponses plus variables pour détecter les cibles gauches que les droites. On constate grâce aux comparaisons planifiées que la différence entre le côté gauche et le côté droit atteint le seuil de significativité pour les conditions 2, $F(1, 13) = 5.33, p < .05$) et 5, $F(1, 13) = 9.25, p < .05$).

6. Discussion

Dans notre étude, nous avons essayé d'explorer l'effet de la probabilité d'apparition des cibles sur les performances de sujets sains, jeunes et plus âgés, mais également sur celles de patients négligents. Nos résultats fournissent une démonstration intéressante de la façon dont le système d'orientation de l'attention peut être perturbé par la variation de la fréquence des stimulations visuelles entre les deux hémiespaces ; ceci ayant été accompli durant une simple tâche de détection de cibles. Il apparaît que la manipulation de l'occurrence des cibles induit des effets spécifiques selon la condition (augmentation ou diminution du taux d'occurrence) et le côté de présentation de la cible (gauche ou droit). De plus, différents patterns de résultats ont été obtenus lors des essais de simulation d'un biais attentionnel chez les sujets sains.

La comparaison des sujets jeunes et âgés révèle que les deux groupes adoptent un comportement largement similaire durant cette simple tâche de détection. Il n'y a pas eu dans l'ensemble de différence majeure de détection, en termes de TRs et d'ETs pour les deux groupes (Greenwood, Parasuraman, et Haxby, 1993). Cependant, les jeunes sujets se sont montrés moins constants que les sujets plus âgés, pour répondre à des cibles présentées à gauche de l'écran. Ce phénomène peut être interprété dans le cadre des conclusions de Mouloua et Parasuraman (1995), correspondant à un effet du taux d'événements et de l'incertitude spatiale sur la vigilance cognitive, en fonction de l'âge.

En fait, parmi les sujets sains, une diminution des TRs était associée à une augmentation de l'occurrence des cibles quel que soit le côté de présentation. Pour une distribution déséquilibrée du nombre de cibles présentées (i.e., condition de variabilité 77%-23%), de sorte qu'il y a davantage de cibles à détecter du côté gauche qu'à droite, un biais attentionnel est provoqué chez tous les sujets sains, jeunes et âgés. Ce biais s'inverse avec la

condition contre-balanç e de variabilité signifiant un renforcement de la probabilité à droite (23%-77%), et persiste pour la condition contrôle suivante, caractérisée par un nombre de cibles également distribué entre les deux hémiespaces. Ces résultats suggèrent donc qu'il est possible de contrarier la répartition attentionnelle entre les deux hémiespaces par le biais de manipulations expérimentales de la fréquence d'occurrence des cibles. C'est pourquoi, une simulation de négligence peut être induite chez les sujets sains, et on peut alors imaginer que la probabilité spatiale peut avoir des effets dans la réhabilitation des patients négligents.

Chez les patients négligents gauches, l'augmentation de la fréquence d'apparition des cibles du côté gauche associée à une diminution de cette fréquence à droite annule le biais attentionnel significatif, normalement attendu. Cette variabilité de probabilité spatiale a permis la création d'une distribution attentionnelle plus homogène entre les deux hémiespaces. Notons que l'augmentation du nombre de cibles présentées à gauche s'est également assortie d'une majoration de la variabilité des réponses de ce même côté. Cependant les patients négligents ne montrent pas de ralentissement de leurs TRs mais plutôt une plus grande fluctuation de leurs réponses.

L'ensemble de ces conclusions est discuté ci-dessous dans le cadre du modèle théorique de l'attention endogène/exogène ainsi que des modèles anatomo-fonctionnels de l'attention.

6.1. Distribution gauche/droite des cibles comme un moyen de changer l'orientation de l'attention spatiale chez les participants sains et négligents

Comme l'ont déjà expliqué Geng et Behrmann (2002), l'ensemble de la cohorte des participants, patients négligents et sujets sains, est sensible à la répétition des cibles, même implicite, pour finalement améliorer le pattern de performances. Les sujets détectent plus rapidement des cibles plus fréquentes, ceci étant sûrement du   un amorçage compl tement inconscient de cette occurrence et revêtant alors le rôle d'indice attentionnel (Miller, 1988). Le sujet serait alors soumis à un état d'attente crée par la constatation, ou plutôt la sensation, implicite d'une plus grande probabilité d'apparition de la cible et donc d'une optimisation de détection de cette dernière. Le processus d'orientation de l'attention se trouve alors modifié puisqu'il ne relève plus d'un mécanisme involontaire et automatique mais constitue une démarche à la limite de la volonté du sujet lui-même. Ce mouvement attentionnel davantage

dirigé par le sujet que par les stimuli externes caractérise donc une orientation de l'attention plutôt endogène. Les résultats de notre étude confirment donc que les sujets sont sensibles aux régularités d'emplacement des cibles (Chun et Jiang, 1998; Hoffmann et Kunde, 1999; Lewicki *et al.*, 1987), impliquant une détection plus rapides des cibles apparaissant à un emplacement plus probable.

Geng et Behrmann (2005) ont évalué plus précisément lors d'une tâche de détection visuelle le rôle des manipulations de la probabilité de localisation spatiale des cibles sur les performances de sujets sains. Les résultats obtenus à leurs différentes expériences révèlent un fort biais attentionnel induit par ces manipulations, et toujours une facilitation due à l'importante régularité d'apparition des cibles, dont la nature diffère selon eux d'un indice endogène explicite et exogène prégnant.

Il semble ici intéressant de souligner le fait que notre expérience a permis de créer un pattern de performances similaire aux patients négligents, chez les sujets sains, et que ce profil attentionnel peut être relativement durable. Ainsi, le biais spatial que nous avons induit avec une faible probabilité d'apparition des cibles à gauche mime parfaitement le comportement d'un patient négligent gauche qui ne détecterait lentement que quelques cibles dans son hémiespace gauche.

Nous montrons donc ici que la distribution des stimuli dans l'espace peut engendrer un pattern spécifique d'allocation de l'attention, pouvant soit réduire le biais spatial des négligents soit créer un biais attentionnel chez les sujets sains. Dans la partie suivante, nous discutons de la nature endogène ou exogène du biais attentionnel.

6.2. Orientation endogène vs exogène de l'attention

Comme nous l'avons décrit dans l'introduction, on distingue une orientation exogène de l'attention, correspondant à un traitement automatique des objets externes attirant l'attention, d'une orientation endogène de l'attention impliquant un processus volontaire et actif pour orienter l'attention vers un emplacement spatial spécifique ou une cible précise. Contrairement à l'attention exogène, le mécanisme endogène d'orientation de l'attention suppose une intention de la part du sujet.

Les résultats obtenus auprès des patients négligents vont également dans le sens d'un effet prégnant de la probabilité spatiale d'apparition des cibles sur l'orientation de l'attention. Des auteurs comme Geng et Behrmann (2005 et 2002) ont montré lors de plusieurs expériences que la manipulation de la probabilité a un net effet facilitateur sur la détection des cibles, notamment en termes de temps de réaction. Ils observent que les patients négligents profitent de la présentation répétitive des cibles à gauche, pour améliorer leurs performances. Les auteurs retrouvent ce bénéfice d'une haute probabilité sur l'orientation de l'attention à gauche des patients négligents, toujours de façon implicite. Il leur est donc possible, comme pour les sujets sains, d'élaborer inconsciemment une stratégie d'allocation de l'attention en fonction de la tâche même au niveau de l'hémiespace négligé. Ce phénomène est cohérent avec les hypothèses de préservation de l'orientation endogène (Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001). On peut malgré tout s'interroger sur une relative épargne des processus d'orientation exogène puisque ce type de mécanisme attentionnel est à l'origine de la mise en place postérieure des mouvements endogènes de l'attention. Ce sont en effet les réponses automatiques répétées et fréquentes à une cible dans l'hémichamp gauche qui permettent une connaissance implicite de la règle et donc une amélioration des performances. Dans l'expérience de Ladavas, Carletti et Gori (1994), l'orientation volontaire, c'est-à-dire endogène, vers la cible est générée par un indice visuel, ce qui ne correspond pas, selon nous, au même niveau de conscience que la perception de la fréquence d'apparition d'une cible, cette dernière étant plus subtile et nécessitant une expérience préalable suffisamment longue de la tâche. Ces auteurs appuient donc la distinction entre un mouvement volontaire de l'attention possible vers le côté gauche et un déficit d'orientation implicite contrôlée par les stimuli.

Nos résultats établissent cette sensibilité à la variation des probabilités d'apparition des cibles surtout au niveau de l'hémiespace contralésionnel. En effet, la réduction du biais attentionnel que nous observons pour la condition impliquant une haute probabilité spatiale gauche et moins de sollicitations à droite, provoque plus une perturbation des performances dans l'hémiespace ipsilatéral plutôt qu'une facilitation dans l'hémiespace controlatéral. On ne retrouve donc pas, comme Geng et Behrmann (2002) clairement de preuves d'une perception de cette régularité, ou même irrégularité, au niveau de l'hémiespace négligé. En revanche, l'absence d'effet facilitateur sur les TRs due à une haute probabilité spatiale gauche est associée à une majoration de la variabilité des réponses. Ce phénomène peut trouver son explication dans le fait que les patients négligents ne sont pas en mesure de capter les

variations d'occurrence des cibles à gauche à cause d'une variabilité perceptive de base. Leur perception trop aléatoire des stimuli provenant de l'hémiespace gauche empêcherait la détection implicite d'une régularité.

La mise en évidence des mouvements attentionnels d'origine endogène ou exogène peut donc s'effectuer en jouant directement sur les attentes du sujet lors de la détection de cibles. C'est ce que Natale et ses collaborateurs (2005) ont fait afin d'explorer la distribution de l'attention spatiale chez les patients négligents. Les auteurs ont donc présenté des cibles prévisibles ou imprévisibles à plusieurs localisations des deux côtés contralésionnel et ipsilésionnel. Leurs principaux résultats indiquent que les troubles attentionnels observés chez les négligents sont liés à un déficit d'orientation exogène (stimuli imprévisibles) qui ne peut pas ici être compensé par une attention endogène épargnée (bénéfice des cibles prévisibles). Cette notion de cibles attendues ou imprévisibles peut être assimilée dans notre étude à la variabilité dans l'apparition des cibles introduites par les différentes probabilités entre les deux hémiespaces, ce qui accentue l'aspect imprévisible de la cible. Les auteurs obtiennent donc une amélioration des temps de réactions pour les deux côtés de présentation de la cible grâce à l'introduction du facteur prévisible avec malgré tout le maintien de la différence contralésionnelle-ipsilésionnelle. Il s'avère possible d'influencer le biais d'orientation de l'attention vers le champ visuel ipsilésionnel des patients négligents grâce aux probabilités spatiales implicites (Geng et Behrmann, 2005) sans modification de la différence gauche-droite typique des négligents (Smania et coll., 1998 ; Natale, Posteraro, Prior et Marzi, 2005). Mais les résultats de notre étude montrent que ce biais attentionnel peut être aboli dans les conditions où les cibles n'apparaissent pas aussi fréquemment entre le côté gauche et droit. Il est plus précisément intéressant de noter qu'une répétition plus importante des cibles à gauche contre peu de présentation à droite va induire une disparition de la significativité du biais attentionnel. L'augmentation de l'orientation implicite exogène de l'attention vers la gauche a fait disparaître la différence gauche-droite, ceci en associant une réduction des temps de réactions à gauche mais aussi un ralentissement à droite. Il est donc possible de manipuler la distribution attentionnelle anormale des patients négligents grâce à des variations implicites de la fréquence d'occurrence des cibles. Ceci est probablement dû à leur faculté de désengager de façon endogène leur attention depuis le côté droit, et c'est confirmé par l'augmentation des TRs du côté droit de tous les participants dans cette condition. Ainsi, comme il avait déjà été proposé (Bisiach et al., 1998; Chokron et Bartolomeo, 1998; Chokron et al., 2007), certaines procédures expérimentales peuvent modifier voire abolir le biais spatial

des patients négligents en réduisant la pertinence droite, au niveau de l'espace ipsilésionnel. Cette hypothèse est également confirmée par les résultats de Mark et al. (1988) qui suggèrent, lors d'une tâche de barrage de lignes, que les patients négligents sont prioritairement attirés vers l'hémiespace droit et qu'ils manifestent une incapacité à désengager leur attention de ce côté droit pour la réorienter vers la gauche (Posner, Walker, Friedrich et Rafal, 1984). De façon similaire, les manipulations ayant pour vocation de réduire l'attraction magnétique vers la droite des patients négligents ont prouvé être significativement utiles pour diminuer le comportement négligent. On trouve parmi ces manipulations le dessin les yeux fermés (Halligan & Marshall, 1994; Anderson, 1993; Chokron et al., 2004) et la manipulation de la saillance visuelle dans les tâches de détection et d'identification (Kartsounis & Findley, 1994; Snow & Mattingley, 2006). Ces études montrent que la performance des patients négligents dans leur hémiespace gauche était significativement influencée par le degré de densité ou de présence des stimuli dans l'espace ipsilatéral. La performance était significativement affectée par la complexité ou la saillance du stimulus ipsilatéral. Cela suggère que le biais latéralisé de l'attention spatiale conduit à une prioritarisation de l'apparition de stimuli à l'intérieur de l'hémiespace ipsilésionnel qu'ils soient pertinents ou pas pour la tâche. Comme proposé par Snow & Mattingley (2006), la sélection attentionnelle des stimuli ipsilésionnels dans la négligence spatiale ne peut pas être entièrement normale. De ce fait, la diminution de l'orientation de l'attention vers cet hémiespace droit collant peut être un moyen d'équilibrer la performance entre les deux hémiespaces, et donc de réduire le biais attentionnel.

Concernant les sujets sains, le même pattern de performances a été observé. La présentation de moins de cibles dans un hémiespace a pour résultat l'augmentation des TRs pour détecter ces cibles. Les TRs diminuent avec l'augmentation de l'occurrence des cibles. Cela peut donc indiquer que, comme pour les patients négligents, la structure expérimentale favorise l'orientation de l'attention vers le côté où les cibles apparaissent le plus fréquemment (i.e., une incapacité à désengager de façon endogène l'attention de l'hémiespace le moins stimulé et d'engager l'attention vers l'hémiespace le plus stimulé). Ce paradigme offre l'avantage de générer les deux orientations endogène et exogène, mais également les deux mécanismes implicites et explicites de l'orientation, ce qui pourrait contribuer à la direction de l'attention vers un hémiespace déterminé. Ainsi, l'adaptation de ce type de protocole pourrait être un moyen efficace pour la réhabilitation dans la mesure où l'on sollicite les deux mécanismes de désengagement de l'attention du côté droit et l'orientation vers l'hémiespace contralésionnel. Comme aucune information explicite sur la distribution inégale des cibles n'a

été donnée, les résultats suggèrent que l'effet de la probabilité spatiale n'aurait pas agi comme un signal attentionnel explicite, mais plutôt implicitement ; ceci indique que les patients négligents ont été réceptifs aux régularités des cibles même au niveau de leur hémiespace négligé, afin d'adopter une stratégie pour répondre.

En plus de la distinction exogène/endogène, les conclusions soulèvent également la question de la spécificité du système ventral vs dorsal de l'attention.

6.3. Système attentionnel ventral vs dorsal

Le comportement négligent est, comme nous l'avons déjà vu, le plus souvent consécutif d'une lésion pariétale, et plus précisément de la jonction temporo-pariétale, droite. Corbetta et Shulman souligne dans leur revue de 2002 la nette latéralisation dans l'hémisphère droit d'un système attentionnel fondamental nommé le réseau ventral fronto-pariétal, ce système étant accompagné d'un réseau dorsal fronto-pariétal lui bilatéral. Des spécificités fonctionnelles sont établies pour chacun de ces réseaux mais ce sont leurs interactions qui permettent une allocation de l'attention visuelle normale. Tout d'abord, le réseau dorsal fronto-pariétal est impliqué dans le contrôle de l'attention visuo-spatiale et plus précisément contribue à la préparation et la mise en œuvre d'une orientation attentionnelle conduite par le but à atteindre. Si un stimulus à caractère inattendu ou peu fréquent intervient, l'activation du système attentionnel en cours est interrompue pour permettre une réorientation spatiale vers cet événement sensoriel imprévu. Il avait été suggéré que le réseau ventral est impliqué dans le mécanisme d'orientation exogène de l'attention. Cependant, une étude de Kincade et al. (2005) a remis en cause une telle hypothèse, et ne retrouve pas d'activation de la jonction temporo-pariétale pour des mouvements exogènes de l'attention. Corbetta, Patel et Shulman (2008) concluent, dans leur revue, que l'orientation exogène, comme l'orientation endogène, mobilisent le réseau dorsal fronto-pariétal. Il semble que ces deux réseaux soient tous les deux nécessaires, et interagissent, lorsque l'attention est réorientée en direction de stimuli pertinents de l'environnement.

Le biais spatial des patients négligents pourrait dépendre d'un déséquilibre physiologique au niveau du cortex pariétal dorsal, qui serait lui-même causé par des anomalies dans le réseau attentionnel ventral. En d'autres termes, il s'agirait d'un déficit au niveau des interactions (impliquant les fibres de substance blanche) entre les deux réseaux,

ventral et dorsal, d'attention, qui produirait une activité pariétale déséquilibrée; il en résulterait un biais attentionnel vers l'hémiespace ipsilésionnel.

Il faut également tenir compte du fait que l'hémisphère gauche intervient dans le codage des informations émanant du champ visuel droit alors que l'hémisphère droit code les localisations au niveau des deux hémiespaces (Corbetta, Kincade et Shulman, 2002). Le fait que les capacités d'orientation exogène de l'attention se situeraient principalement dans l'hémisphère droit et que cet hémisphère prend en charge le codage des deux hémiespaces peut expliquer que nos patients négligents détectent anormalement des cibles présentées à gauche surtout mais aussi à droite où les réponses sont plus lentes que celles des sujets sains. De plus, le fait que nos conditions expérimentales soient en mesure de provoquer les deux orientations de l'attention exogène/réflexe et endogène/volontaire suggère que les deux systèmes ventral et dorsal de l'attention sont recrutés dans chaque condition où la probabilité spatiale était différente au niveau des hémiespaces.

Il est intéressant de noter que, comme décrit dans la partie résultats, la manipulation de la distribution des cibles entre les hémiespaces gauche et droit augmente non seulement les TRs mais également la variabilité des réponses de tous les participants, surtout pour l'hémiespace le moins stimulé. Nous discutons ci-dessous l'effet de la probabilité spatiale sur la variabilité des TRs étant donné que la variabilité est désormais connu pour être une caractéristique fondamentale des performances obtenues par les patients négligents (Anderson et al., 2000; Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix, 2001).

6.4. La variabilité au cœur du déficit des patients négligents

Hormis le ralentissement global des patients négligents par rapport aux sujets sains, nos résultats montrent également des réponses généralement plus variables, avec une majoration de cette variabilité pour le côté gauche. Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) se sont précisément intéressés à ce phénomène de variabilité dans les réponses fournies par les patients négligents. Ils évoquent une inconstance des performances qui ne signerait pas une perte propre des capacités mais plutôt une difficulté à invariablement détecter et répondre à un stimulus. Ce manque de constance de la réponse serait maximal du côté gauche et pourrait, selon Bartolomeo, Siéoff, Chokron et Decaix (2001), s'inscrire dans une logique de trouble de l'orientation exogène de l'attention spatiale, compte tenu de l'augmentation de la variabilité des réponses lorsque l'attention est capturée exogènement. Les patients négligents ont en effet typiquement des manifestations du trouble très différentes pour une même tâche

mais également d'une épreuve à l'autre (dépendance du contexte) ; on observe aussi des comportements négligents variables d'un patient à un autre. Nous avons donc voulu observer de quelle manière l'introduction d'une variabilité, cette fois au niveau de l'attraction attentionnelle externe, a pu influencer la constance des performances. Nous observons une plus grande variabilité dans l'hémiespace gauche pour la condition incluant une haute probabilité à gauche. Ce résultat confirme l'hypothèse d'un déficit de l'orientation exogène dans l'hémiespace gauche, responsable de la majoration de la variabilité dans cet hémiespace négligé. Comme pour les patients négligents, chez les sujets sains jeunes, la manipulation de l'occurrence des cibles dans le but de favoriser l'attraction vers le côté gauche et de proposer moins de stimuli du côté droit, a induit un biais dans la fluctuation des réponses entre les deux hémiespaces ; ceci corrobore l'idée que la variabilité des TRs pourrait être liée à l'orientation exogène de l'attention dans l'espace.

Finalement, cette étude démontre que les sujets sains comme les patients négligents se révèlent sensibles aux variations de la probabilité spatiale lors d'une simple tâche de détection. Cet effet principal suggère la possibilité de produire artificiellement un comportement attentionnel anormal chez des sujets sains et comparable à celui observé chez les patients négligents. Concernant les patients négligents, les résultats de notre étude montrent qu'il est possible d'agir sur les mouvements attentionnels et de rétablir une distribution attentionnelle plus homogène entre les deux hémiespaces gauche et droit. En revanche, ce phénomène se caractérise principalement par une accentuation du déficit attentionnel à droite plutôt qu'une authentique amélioration de la capture attentionnelle à gauche. Ce résultat semble donc en accord avec notre idée de départ stipulant une variabilité de la perception des patients négligents. En effet, les patients n'ont peut être pas été en mesure de percevoir, implicitement, la régularité d'occurrence des cibles à cause de leur perception trop variable de ces stimulations visuelles.

Compte tenu de l'importance des effets obtenue chez les sujets sains, nous avons souhaité explorer davantage les mécanismes d'orientation de l'attention spatiale en vérifiant si un facteur tel que les habitudes de lecture pouvait avoir un effet sur le sens de cette orientation spatiale.

IV- Expérience 4 - Influence des habitudes de lecture sur la détection de cibles visuelles soumis à une variabilité spatiale -

1. Introduction

Il a déjà été observé que lors d'une tâche de bissection de lignes, les sujets sains font preuve d'une tendance à couper les lignes à gauche du centre objectif (Jewell et Mc Court, 2000). Ce phénomène a été nommé « pseudo-négligence » (Bowers et Heilman, 1980) et peut se manifester à l'occasion de divers protocoles expérimentaux, tels que des tests papier-crayon (Luh, 1995), des tests informatisés de jugements de lignes pré-bissectées (Mc Court et Jewell, 1999) ainsi que des tâches impliquant la bissection tactile de baguettes (Sampaio et Chokron, 1992). Le terme de pseudo-négligence a donc été choisi en référence à la négligence spatiale unilatérale qui se caractérise le plus fréquemment par un déficit de la détection et de l'orientation vers les stimuli situés dans l'hémiespace controlatéral ; les manifestations les plus sévères et durables de la négligence concernent l'hémiespace gauche et sont donc consécutives d'une lésion hémisphérique droite. Il en découle un comportement d'ignorance des stimuli gauches, se manifestant lors d'une épreuve de bissection de lignes par une déviation vers la droite du milieu subjectif. Ce comportement est donc opposé à celui des sujets sains, qui eux, dévient le milieu vers la gauche ; d'où le terme de pseudo-négligence.

Ainsi, la notion d'une perception asymétrique de l'espace est connue et a déjà été explorée. L'exemple le plus courant est, comme nous l'avons déjà évoqué, celui des épreuves de bissection de lignes durant lesquelles le milieu objectif est légèrement mais systématiquement dévié vers la gauche (Bradshaw, Nettleton, Pierson, Wilson et Nathan, 1987 ; Bradshaw, Bradshaw, Nathan et al., 1986 ; Bradshaw, Nathan, Nettleton et Wilson, 1987). Bradshaw, Nathan, Nettleton et Wilson (1987) ont suggéré que ce biais orienté vers la gauche observé chez les sujets normaux pouvait être le reflet d'une sur-activation de l'hémisphère droit, en réponse à la nature spatiale de la tâche de bissection de lignes. Ainsi, une sur-activation de l'hémisphère droit pourrait induire une majoration de l'hémiespace perceptif gauche et conduirait par ce biais à une déviation à gauche de la bissection. Milner,

Brechmann et Pagliarini (1992) proposent également une activation préférentielle de l'hémisphère droit pour expliquer ce phénomène, compte tenu de la nature spatiale de la tâche à effectuer.

Selon le modèle d'activation hémisphérique unilatérale décrit par Kinsbourne (1970), les tâches non verbales, orientées spatialement, pourraient activer davantage l'hémisphère droit que l'hémisphère gauche, générant ainsi un biais de l'attention vers l'hémiespace gauche. Ce biais devrait alors s'expliquer par une augmentation de la saillance des stimuli contenus dans ce côté gauche.

On trouve comme alternative à ce modèle d'activation de Kinsbourne, l'idée que l'asymétrie attentionnelle pourrait être le reflet d'une tendance plus générale à tendre davantage vers les éléments pertinents gauches que droits ; cette asymétrie n'étant alors pas dirigée par une activation unilatérale mais plutôt par une asymétrie du mécanisme neuronal qui contrôle l'attention. Heilman et al. (1987) ont suggéré que l'hémisphère droit serait spécialisé pour toutes les fonctions spatiales, incluant l'attention. Des arguments en faveur de cette hypothèse proviennent des études cliniques montrant que la négligence spatiale unilatérale survient le plus fréquemment, et avec plus de sévérité, suite à une lésion de l'hémisphère droit (Mattingley et al., 1992). Par ailleurs, les tests de spécialisation hémisphérique utilisant les injections unilatérales de sodium amobarbital confirment l'importance de l'hémisphère droit dans le traitement attentionnel. Spiers et al. (1990) ont en effet démontré que l'anesthésie de l'hémisphère droit interrompt l'attention au niveau de hémiespaces contralatéral et ipsilatéral, alors que l'anesthésie de l'hémisphère gauche n'altère pas les traitements attentionnels. Cette spécialisation de l'hémisphère droit pour les processus attentionnels pourrait augmenter l'attention distribuée vers l'hémiespace contralatéral. Si l'on va au bout de ce raisonnement, un avantage du champ visuel gauche pourrait éventuellement être observé et reflèterait alors un biais attentionnel hémispatial gauche, facilitant la détection de signaux localisés de ce côté. Ce biais gauche de l'attention pourrait aussi rendre compte de l'effet d'indigage asymétrique observé par Heilman et Van Den Abell (1980). Les auteurs ont mesuré de simples temps de réaction à l'apparition d'une cible centrale après un signal gauche ou droit ; ils constatent que les signaux délivrés dans le champ visuel gauche induisent un effet d'indigage nettement significatif comparativement au champ visuel droit.

Cependant, ces études ont restreint les explications de ce biais observé chez les sujets normaux à des hypothèses d'activation hémisphérique. Une alternative à ce type d'hypothèse

pourrait être une directionnalité préférentielle des sujets, qui pourrait être culturellement déterminée. Le principal facteur culturel impliqué dans la direction d'exploration visuo-spatiale correspond aux habitudes de lecture.

Chokron et al. (1998) ont observé que la position du milieu subjectif pouvait dépendre de la direction du balayage visuel. En effet, les auteurs soutiennent que lors d'une épreuve de bissection de lignes, le sens d'exploration du stimulus détermine l'emplacement de la bissection. Plus précisément, un balayage dirigé de la gauche vers la droite induit une déviation à gauche du milieu subjectif, et inversement, un balayage droite/gauche décale le milieu à droite. Chez le sujet normal, la direction de ce balayage visuel semble donc susceptible d'influencer l'organisation spatiale. De ce fait, l'acquisition d'un sens d'exploration spatiale, comme les habitudes de lecture, peut affecter les performances des sujets durant une tâche visuo-spatiale (Abed, 1991). Ainsi, les habitudes de lecture peuvent jouer un rôle important dans l'organisation perceptive de l'espace chez le sujet normal.

L'effet des habitudes de balayage sur le biais perceptif gauche a été étudié en comparant des lecteurs ayant des directions d'exploration visuelle différentes. Chokron, Bernard et Imbert (1997) ont trouvé que les lecteurs d'hébreu (lisant de la droite vers la gauche) ne manifestent pas de biais significatif lors d'une tâche d'extension de lignes. En revanche, les lecteurs français (de gauche à droite) ont significativement sur-estimé le côté gauche de la ligne. Lors d'une tâche de bissection de lignes, Chokron et Imbert (1993) ont constaté que les lecteurs d'hébreu déviaient le milieu de la ligne vers la droite alors que les français le décalait à gauche (voir aussi Chokron et De Agostini, 1995). Sakhuja et al. (1996), et Vaid et Singh (1989) ont obtenu des résultats similaires pour la perception de visages chimériques. Les lecteurs de la gauche vers la droite s'occupent davantage des traits à gauche du visage alors que les lecteurs droite/gauche font plus attention aux traits à droite. En fait, les sujets ayant un sens de lecture droite/gauche tendent à manifester une direction orientée de la droite vers la gauche dans l'exploration perceptive, le dessin et les préférences esthétiques (Nachshon, 1985 ; Nachshon, Argaman et Luria, 1999 ; Tversky, Kugelmass et Winter, 1991).

Nous avons donc vu que l'organisation perceptive de l'espace peut être déterminée par le sens du balayage visuel et notamment les habitudes de lecture des sujets. Comme nous l'avons observé précédemment, des sujets sains jeunes se révèlent très perturbés pour détecter des cibles visuelles apparaissant à une faible fréquence au niveau de leur hémiespace droit mais pas lorsque les cibles sont présentées à gauche. On peut désormais se demander si cet effet

délétère d'une faible probabilité d'apparition des cibles à droite ne reflète pas un phénomène de spécialisation hémisphérique se caractérisant par une plus grande efficacité de l'hémisphère droit pour répondre à des cibles gauches inattendues, comparativement à un hémisphère gauche moins efficace pour détecter rapidement des cibles droites peu fréquentes.

Afin donc de mesurer l'impact des habitudes de lecture, et donc de la directionnalité de l'exploration, sur le mécanisme de détection d'une cible visuelle présentée au niveau de l'hémiespace gauche ou droit, avec une probabilité d'apparition variable, nous avons proposé le protocole expérimental précédemment décrit à des sujets sains israéliens, lecteurs de droite à gauche.

De plus, comme les sujets sains israéliens disposent des deux modes d'exploration visuo-spatiale : de la droite vers la gauche pour la lecture, et de la gauche vers la droite pour la musique et les mathématiques par exemple, il nous paraît intéressant de faire un parallèle avec le comportement exploratoire des patients négligents. En effet, les patients négligents français, lecteurs de gauche à droite, manifestent un changement de directionnalité, privilégiant le côté droit de l'espace pour débiter l'exploration et éventuellement progresser vers la gauche. C'est cette modification de la direction qui fait que les sujets sains israéliens « ressemblent » dans une certaine mesure aux patients négligents. Les résultats de cette expérience seront donc discutés dans le cadre théorique de la NSU.

Si les habitudes de lecture influencent les réponses des sujets, alors les français devraient être facilités pour répondre à des cibles gauches, alors que les sujets israéliens devraient être eux plus performants à droite. En revanche si le biais directionnel est indépendant des habitudes de lecture, alors les deux groupes de sujets devraient obtenir le même pattern de performances, potentiellement plus efficace à gauche, selon la théorie de spécialisation hémisphérique.

Notons que le groupe des sujets sains, le matériel et la procédure sont identiques à l'expérience 3.

2. Sujets

Le groupe des sujets sains lecteurs de gauche à droite (français) rassemble 14 participants dont 8 femmes, avec une moyenne d'âge de 20,6 ans, les âges allant de 18 à 25 ans.

Le groupe des sujets sains lecteurs de droite à gauche (israéliens) compte 24 participants dont 22 femmes, avec une moyenne d'âge de 21,25 ans, les âges s'étalant de 20 à 25 ans. Ces sujets sont tous étudiants en psychologie à l'université de Beer Sheva, Israël.

Tous les sujets sains ont une vision normale, corrigée ou pas, et aucun trouble neurologique. Les sujets sont droitiers et sont restés naïfs quant aux objectifs de l'étude. Ils ont donné leur consentement pour réaliser cette expérience, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

3. Matériel

On retrouve donc, dans cette expérience, la présentation de trois carrés de 15mm x 15 mm sur un fond d'écran d'ordinateur blanc. Les carrés étaient présentés horizontalement au centre de l'écran. Le carré du milieu contenait le point de fixation et est éloigné de 15 mm des carrés latéraux. Le sujet devait détecter une cible correspondant à une étoile de 2 mm qui pouvait apparaître dans l'un ou l'autre des deux carrés latéraux.

4. Procédure

Les participants étaient confortablement assis en face d'un ordinateur à la distance approximative de 55 cm. Il était demandé aux sujets de maintenir leur fixation visuelle tout au long de l'expérience et de répondre à la cible le plus rapidement possible, en appuyant sur la barre espace du clavier avec l'index de leur main droite.

Après l'apparition des trois carrés, la cible pouvait se situer soit dans le carré latéral gauche soit dans le droit avec une SOA (stimulus-onset asynchrony) variable (150, 500 ou 1000 ms) ; la cible restait visible jusqu'à la réponse, afin de minimiser le plus possible d'omissions. Les mouvements oculaires étaient contrôlés par l'expérimentateur et les essais sans fixation visuelle étaient retirés de l'analyse. Il y avait un temps inter-essais de 1000 ms (écran blanc). Après une période d'essai de 30 présentations, le protocole expérimental était constitué de 3 blocs totalisant respectivement 78, 186 et 186 essais. Ceci revenait à présenter au total 450 essais ; la moitié de ces essais apparaissait dans le carré de gauche et l'autre moitié à droite. Une brève période de repos était permise entre chaque bloc.

L'analyse statistique a porté sur les temps de réaction (TRs), correspondant au temps écoulé entre la présentation de la cible et la réponse du sujet, dans une frange allant de 130 à 2000 ms. En effet, les TRs inférieurs à 130 ms ont été considérés comme des anticipations et ceux supérieurs à 2000 ms des omissions. Les écart-types (ETs) ont également été calculés. Notons que l'effet des SOA n'a pas été interprété puisqu'elles n'ont été introduites que pour éviter les réponses automatiques.

Ce protocole expérimental a été construit de façon à manipuler la probabilité d'apparition des cibles entre les deux hémispaces. La fréquence d'occurrence des cibles pouvait être équivalente entre les deux hémispaces ou différente. La probabilité spatiale pouvait alors soit être égale à 23% soit 77%.

La moitié des participants de chaque groupe de sujets a effectué la séquence 1 correspondant au déroulement suivant :

Condition 1 : 50% gauche – 50% droite

Condition 2 : 77% - 23%

Condition 3 : 50% - 50%

Condition 4 : 23% - 77%

Condition 5 : 50% - 50%

Pour la séquence 2, présentée à l'autre moitié des participants de chaque groupe, se caractérisait par une inversion des conditions de variabilité :

Condition 1 : 50% gauche – 50% droite

Condition 2 : 23% - 77%

Condition 3 : 50% - 50%

Condition 4 : 77% - 23%

Condition 5 : 50% - 50%

5. Analyse

Les TRs et les ET ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec le facteur Groupe (sujets israéliens et sujets français) et Séquence (1 et 2) comme variables indépendantes et les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit), et SOA (150, 500 et 1000 ms) comme variables dépendantes. Pour ces deux analyses, l'effet des SOA n'a pas été analysé car ce facteur n'a été introduit que pour éviter les réponses automatiques. Des comparaisons planifiées ont été effectuées si nécessaire sur les effets principaux et les interactions.

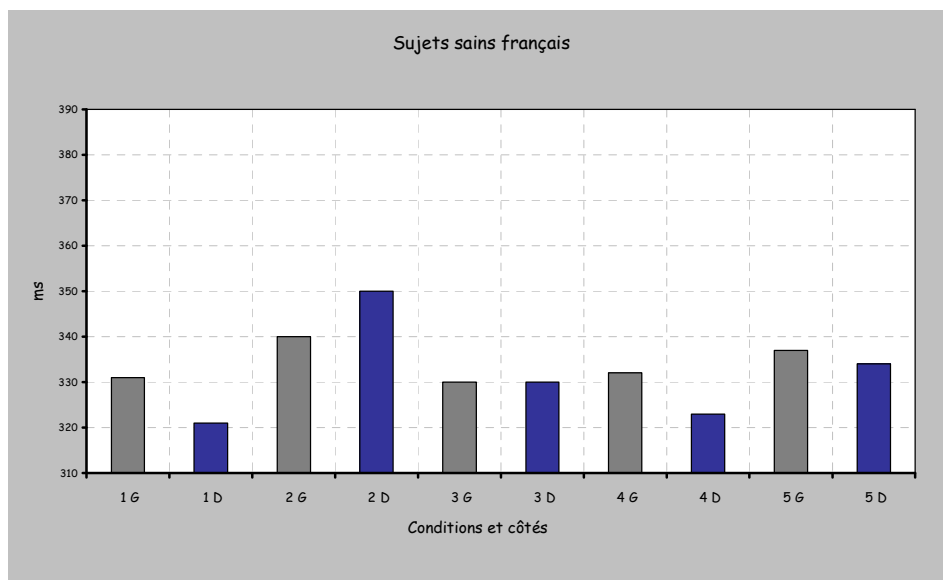
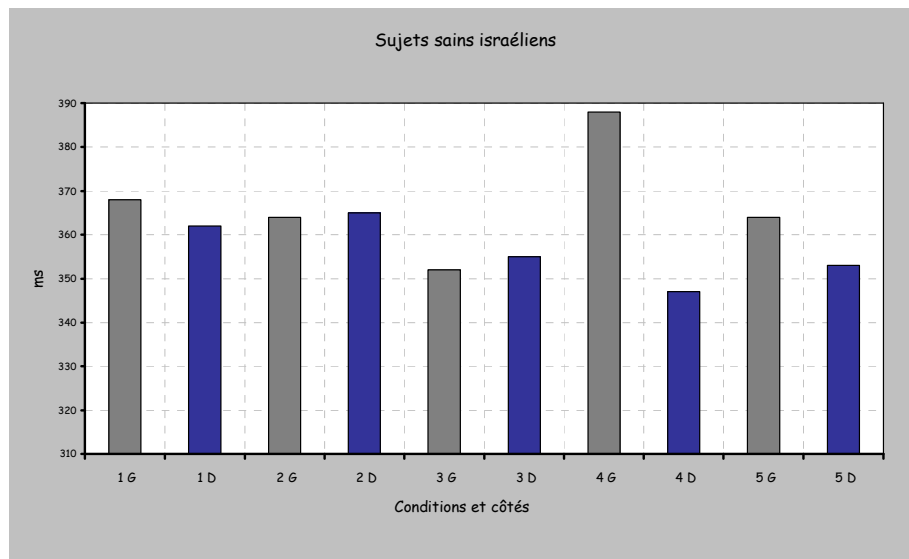
Notons que pour la construction du tableau de données, les deux séquences ont été combinées ; il en résulte le déroulement de conditions expérimentales suivant : condition 1 (50%-50%), condition 2 (77%-23%), condition 3 (50%-50%), condition 4 (23%-77%) et condition 5 (50%-50%).

6. Résultats

6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)

Conditions	Lecteurs droite vers gauche		Lecteurs gauche vers droite	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	368	362	331	321
2	364	365	340	350
3	352	355	330	330
4	388	347	332	323
5	364	353	337	334

Tableau 10. Temps de réaction moyens pour les sujets lecteurs de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.



Graphiques des TRs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

L'analyse de TRs met tout d'abord en évidence un effet principal du facteur Groupe, $F(1,34)=5,73$; $p<.05$, caractérisant des temps de réponse plus longs pour le groupe des sujets israéliens. On observe également un effet de la séquence, $F(1,34)=4,37$; $p<.044$, avec des réponses plus rapides pour la séquence 1. Cependant l'application de comparaisons planifiées à cet effet, nous montre qu'il n'existe pas d'effet significatif de ce facteur séquence pour chacun des deux groupes de sujets pris séparément. Cet effet ne semble donc pas relever d'une différence de profil entre chaque séquence pour chaque groupe de participants. Par ailleurs, parmi les effets principaux, on constate un effet du facteur Côté ($F(1,34)=8,88$; $p<.01$) signifiant des temps de réponse moins rapides à gauche. Il existe enfin un effet principal du facteur SOA, $F(2,68)=87,66$; $p<.0001$, qui ne fera pas l'objet d'une interprétation détaillée.

Plusieurs interactions sont obtenues : Condition x Côté ($F(4,136)=8,47$; $p<.0001$), Groupe x SOA ($F(2,68)=9,77$; $p<.001$), ainsi que Groupe x Condition x Côté ($F(4,136)=2,94$; $p<.05$).

La réalisation de comparaisons planifiées nous montre, chez les sujets français, une interaction entre les deux côtés, gauche et droit, des deux conditions 1 et 2 ($F(1,34)=7,64$; $p<.01$). Cet effet signifie que l'introduction de la condition 2, 77%-23%, a généré une hausse importante des TRs au niveau de l'hémiespace droit, c'est-à-dire là où peu de cibles sont apparues. De plus, ce côté droit diffère significativement des côtés droits des condition 1 ($F(1,34)=6,20$; $p<.05$), 3 ($F(1,34)=6,04$; $p<.05$) et 4 ($F(1,34)=7,65$; $p<.05$).

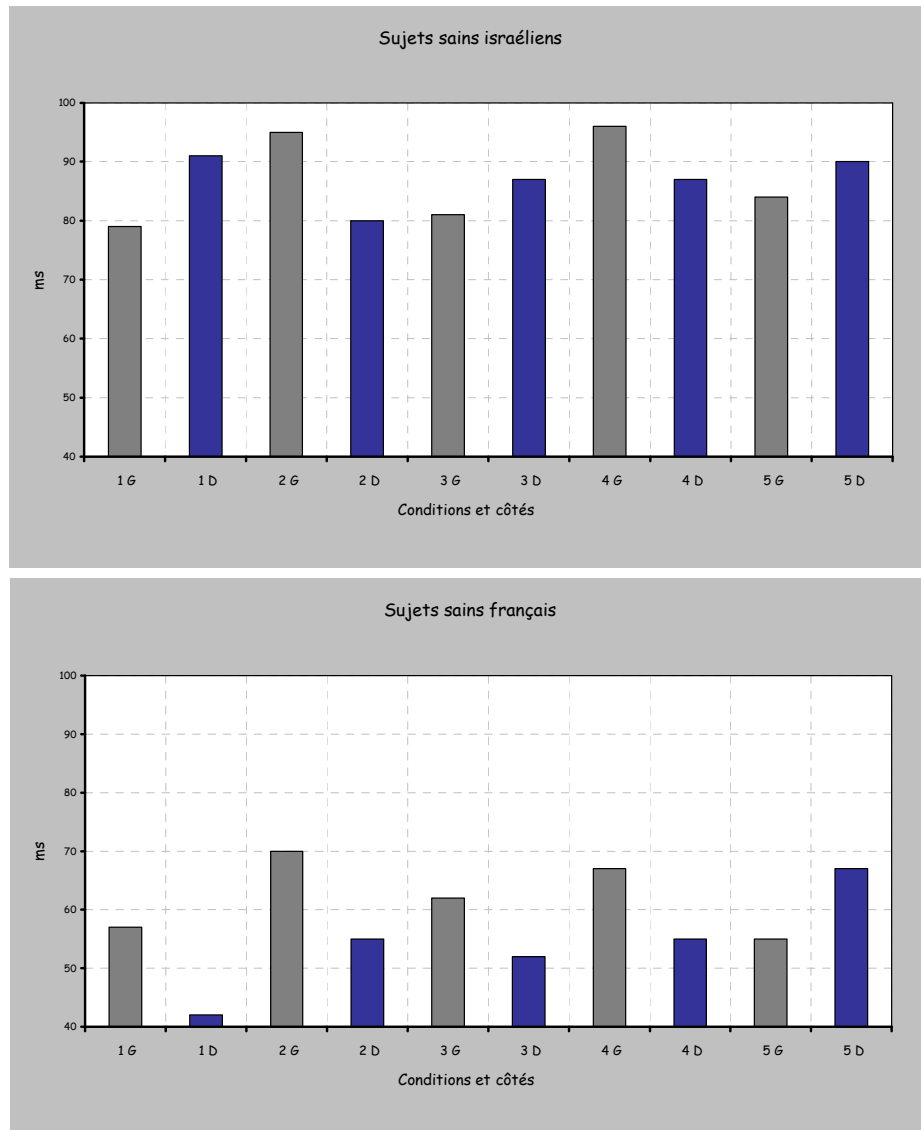
Chez les sujets israéliens, c'est la condition 4 (23%-77%) qui est concernée par une interaction des deux côtés, gauche et droit, avec la condition 1 ($F(1,34)=16,68$; $p<.001$). Cette condition 4 se distingue de toutes les autres conditions, lorsque l'on compare les deux côtés de présentation de la cible : 2 vs. 4 [$F(1, 34) = 19,66$; $p<.0001$]; 3 vs. 4 [$F(1, 34) = 28,7$; $p<.0001$]; et 4 vs. 5 [$F(1, 34) = 17,56$; $p<.0001$]. Ces effets s'expliquent en fait par un net ralentissement des TRs à gauche en cas de faible probabilité d'apparition des cibles. Ce phénomène est corroboré par la différence significative obtenue entre les côtés gauche et droit pour la condition 4 ($F(1,34)=36,35$; $p<.0001$), ainsi que par un effet global du facteur côté ($F(1,34)=16,52$; $p<.001$). Il est également intéressant de constater une différence significative entre les deux côtés de présentation de la cible pour la comparaison des conditions 3 et 5 ($F(1,34)=4,88$; $p<.05$). A cela s'ajoutent des temps de réponse significativement plus lents à gauche qu'à droite pour la condition 5 (50%-50%), $F(1,34)=9,06$; $p<.01$. Cette condition 4 a

donc créé un biais d'orientation de l'attention significatif (réponses plus lentes à gauche) et suffisamment puissant pour se poursuivre lors de la condition contrôle qui suit. Notons que le côté gauche de la condition 4 (23%) se distingue significativement des côtés gauches de toutes les autres conditions : 1 vs 4 $F(1,34)=5,26$; $p<.05$; 2 vs 4 $F(1,34)=13,5$; $p<.001$; 3 vs 4 $F(1,34)=27,79$; $p<.001$; 4 vs 5 $F(1,34)=13,09$; $p<.001$. Toujours à l'appui d'un effet durable du biais attentionnel, on observe une différence significative entre les deux côtés gauches des conditions 3 et 5, $F(1,34)=4,46$; $p<.05$.

6.2. Analyse des Ecart-types (ETs)

Conditions	Lecteurs droite vers gauche		Lecteurs gauche vers droite	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	79	91	57	42
2	95	80	70	55
3	81	87	62	52
4	96	87	67	55
5	84	90	55	67

Tableau 11. Ecart types moyens pour les sujets lecteurs de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.



Graphiques des ETs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

L'analyse des ETs révèle un effet principal du facteur Groupe, $F(1,34)=17,24$; $p<.001$, traduisant des réponses plus variables pour les sujets israéliens, ainsi que du facteur SOA, $F(2,68)=4,4$; $p<.05$.

On observe ensuite une interaction des facteurs Séquence x Condition, $F(4,136)=3,31$; $p<.05$, ainsi qu'une interaction Condition x Côté, $F(4,136)=2,54$; $p<.05$.

Chez les sujets français, la réalisation de comparaisons planifiées ne montre qu'une inversion du profil attentionnel entre les deux côtés de présentation des cibles et entre les deux conditions 1 et 5 ($F(1,34)=4,28$; $p<.05$).

Chez les sujets israéliens, les deux conditions de variabilités induisent une inversion du profil attentionnel, comparativement à la première condition contrôle (interaction condition x côté pour les conditions 1-2, $F(1,34)=6,15$; $p<.05$, et 1-4, $F(1,34)=4,33$; $p<.05$). La condition 2 est également impliquée dans une interaction condition x côté avec la condition 3 ($F(1,34)=10,27$; $p<.01$), et la condition 5 ($F(1,34)=4,18$; $p<.05$). Notons enfin que les réponses des sujets israéliens s'avèrent significativement plus variables à gauche qu'à droite lorsqu'une haute probabilité d'apparition de cibles est appliquée au côté gauche avec une faible probabilité à droite ($F(1,34)=4,99$; $p<.05$).

7. Discussion

Les résultats de notre étude montrent donc que les sujets israéliens sont globalement plus lents et fournissent des réponses plus variables que les sujets français pour détecter une cible visuelle. Il est intéressant de noter que ces deux groupes de sujets n'ont pas obtenu le même pattern de performances. En effet, les sujets israéliens se sont montrés beaucoup plus sensibles à l'introduction d'un déséquilibre d'occurrence des cibles avec une plus haute probabilité à droite et une faible probabilité d'apparition des cibles à gauche (23%-77%) alors que les sujets français ont eux été davantage perturbés, dans une moindre mesure, par la condition de variabilité inverse, c'est-à-dire impliquant l'apparition plus fréquente de cibles à gauche qu'à droite (77%-23%). On constate en fait que l'effet délétère d'une faible probabilité spatiale est nettement plus puissant qu'un éventuel effet facilitateur d'une haute probabilité d'apparition des cibles tel qu'il a déjà été décrit dans la littérature (Geng et Berhrman, 2002). En d'autres termes, les sujets, français et israéliens, n'ont pas véritablement

été améliorés par la répétition de la présentation des cibles dans un hémiespace mais ils ont surtout été perturbés par une apparition peu fréquente, et par là même moins prévisible, des cibles dans l'autre hémiespace.

Contrairement aux lecteurs de gauche à droite, les sujets ayant des habitudes de lecture opposées (de droite à gauche) ont manifesté un impact significatif d'une manipulation de la probabilité se caractérisant par des cibles peu fréquentes donc peut être moins attendues à gauche. Les sujets français ont eux été plus ralentis pour répondre à un faible nombre de cibles à droite. Ces résultats sont donc en faveur d'un effet des habitudes de lecture sur la répartition attentionnelle entre les deux hémiespaces. En effet, les sujets qui sont culturellement habitués à balayer l'espace visuel de la gauche vers la droite ont davantage de difficultés à répondre rapidement à des cibles peu fréquentes à droite, c'est-à-dire en fin de mouvement exploratoire. Par ailleurs, les sujets lisant de la droite vers la gauche ont présenté de plus grandes difficultés à répondre rapidement à des cibles peu nombreuses apparaissant à gauche, c'est-à-dire au terme du balayage visuel appris. Nous avons vu que des effets de ces habitudes de lecture ont déjà été démontrés sur des tâches visuo-spatiales, notamment lors d'épreuves d'extension de lignes (Chokron, Bernard et Imbert, 1997) mais également de bissection. Les lecteurs gauche/droite coupent à gauche du milieu objectif les lignes alors que les lecteurs droite/gauche font une estimation à droite du milieu objectif (Chokron et Imbert, 1993 ; Chokron et De Agostini, 1995). Un stimulus non-directionnel, comme une ligne à bissecter, peut être balayé comme un matériel lu, ce qui implique donc que la direction du balayage peut influencer la position du milieu subjectif. Manning, Halligan et Marshall (1990) corrobore cette hypothèse et déclare que la bissection dépend de la direction attentionnelle pour approcher le point central. Ces auteurs ont en fait proposé que le biais perceptif à gauche était le résultat des habitudes de balayage de gauche à droite. Ils précisent que ce mouvement de balayage de la gauche vers la droite pourrait induire une sur-représentation du stimulus à gauche comparativement à un stimulus à droite, car le balayage débute toujours à l'extrémité gauche (pour les lecteurs de gauche à droite), mais peut s'arrêter avant que l'extrémité droite soit atteinte (Kim et al., 1997).

Dans notre étude, l'effet des habitudes de lecture se manifeste par des sujets lecteurs de gauche à droite qui se révèlent sensiblement moins performants pour répondre aux cibles peu fréquentes à droite et pour des cibles plus imprévisibles à gauche pour des lecteurs de droite à gauche. Cette condition de faible probabilité d'apparition des cibles (23%) est déjà en

elle-même susceptible de générer de moins bonnes performances de part son caractère imprévisible (Geng et Berhman, 2002 ; Shaw, 1978 ; Miller, 1988) mais il semble ici que la difficulté soit éventuellement majorée par un manque d'efficacité de l'orientation de l'attention vers des cibles se situant à la fin du mouvement de balayage visuel culturellement appris. Cette imprégnation culturelle paraît donc indéniable face aux profils inversés des deux groupes de sujets, lecteurs de gauche à droite et de droite à gauche.

Cependant, il s'avère que l'effet est beaucoup plus net et fort chez les sujets israéliens que chez les sujets français. Hormis l'explication des résultats en termes d'habitudes de balayage, on ne peut pas s'affranchir d'un phénomène de spécialisation hémisphérique pour rendre compte des profils obtenus. En effet, ces hypothèses, dérivées du travail de Kinsbourne (1970), proposent une spécialisation de l'hémisphère droit pour toutes les fonctions spatiales (Heilman et al., 1987). L'association de cette spécialisation hémisphérique droite et des habitudes de lecture de gauche à droite est donc convergente chez les sujets français alors que ces deux mécanismes sont divergents chez les sujets israéliens. Notons de plus que les sujets israéliens bénéficient d'une forme de bilinguisme du fait de la lecture de gauche à droite de la langue anglaise, des mathématiques mais aussi de la musique ; ceci renforçant l'hétérogénéité de leurs habitudes culturelles. Ce phénomène pourrait être responsable des perturbations attentionnelles moindres des sujets français comparativement aux israéliens, surtout au niveau de l'hémiespace gauche. Maass et Russo (2003) ont montré que la spécialisation hémisphérique et les habitudes de balayage visuel affectent l'imagerie visuelle. Les auteurs obtiennent un biais directionnel inverse chez leurs sujets italiens en comparaison des sujets arabes ; ils évoquent alors comme explication une implication des deux mécanismes, avec tout de même une plus grande influence des habitudes de lecture. Cette double implication des habitudes de lecture et de la spécialisation hémisphérique, obtenue dans l'imagerie spatiale, et traduisant un poids plus important des habitudes de lecture, semble applicable aux résultats de notre étude.

Par ailleurs, il est intéressant d'observer le comportement attentionnel des patients israéliens obtenu lors de la condition se définissant par une haute probabilité d'apparition des cibles à droite et une faible probabilité à gauche. En effet, les sujets sains israéliens se montrent alors plus lents pour détecter les cibles présentées au niveau de l'hémiespace gauche comparativement aux cibles droites. Ce profil attentionnel, obtenu expérimentalement chez des sujets sains, peut être comparable avec celui typiquement obtenu chez des patients

présentant une négligence spatiale unilatérale (NSU) gauche. Même si la nature du déficit n'est pas ce jour clairement définie, les hypothèses attentionnelles sont les plus probables. Dans cette mouvance, Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron (2001) ont proposé un trouble de l'orientation réflexe, automatique de l'attention, dite orientation exogène, vers l'hémiespace gauche chez les patients négligents associée à un mécanisme volontaire, dit endogène, de l'attention relativement épargné. Ce trouble serait donc à l'origine des perturbations pour détecter rapidement et efficacement des cibles présentées à gauche. Dans notre étude, la réponse aux cibles implique principalement un mécanisme d'orientation exogène, surtout pour la condition de faible probabilité d'occurrence des cibles. En effet, la nature imprévisible des cibles induit une impossibilité de prévoir et donc d'orienter volontairement l'attention vers un emplacement déterminé. L'application de cette faible probabilité spatiale à l'hémiespace gauche a perturbé les sujets israéliens au point de créer un biais attentionnel suffisamment fort pour durer en l'absence de manipulation expérimentale (condition contrôle suivante). Il est possible que les habitudes de lectures de ces sujets, c'est-à-dire de droite à gauche, aient facilité la création d'un déséquilibre dans la distribution de l'attention. En effet, si l'on considère que le balayage visuel se termine à gauche, ce qui peut induire de moins bonnes performances qu'à droite, alors cette habitude d'exploration visuo-spatiale a pu majorer la perturbation attentionnelle induite par la nature imprévisible des cibles peu fréquentes. Les sujets israéliens ont été plus sensibles que les sujets français aux manipulations de la fréquence d'apparition des cibles et notamment à une faible probabilité appliquée à l'hémiespace gauche. On constate ici qu'il est possible de générer un trouble attentionnel évoquant le comportement pathologique des patients négligents, chez des sujets sains, mais surtout chez des lecteurs de droite à gauche.

En conclusion, les résultats de notre étude prouvent que les habitudes de lecture représentent un élément important de l'organisation de l'attention spatiale et montrent également qu'il est possible de perturber l'orientation de l'attention exogène de l'attention des sujets sains au point de créer un biais similaire aux patients négligents, uniquement par le biais de manipulations implicites de la probabilité d'apparition des cibles entre les deux hémiespaces.

Après avoir constaté que la fréquence d'occurrence des cibles entre les deux hémiespaces constitue un élément susceptible de perturber l'orientation des sujets sains, nous

souhaitons désormais mesurer l'impact des variabilités uniquement perceptives des cibles sur la distribution de l'attention dans l'espace extrapersonnel.

V- Expérience 5 – Introduction d’une variabilité perceptive dans la détection de cibles visuelles -

1. Introduction

La sélection d’une petite quantité d’informations parmi toutes celles qui nous environnent au même instant est un exercice que l’on effectue quotidiennement. L’attention sélective est le mécanisme qui permet à l’organisme de sélectionner une partie de l’information qui est enregistrée par les sens pour le traitement et l’action. L’attention sélective visuelle spatiale correspond à la capacité de se concentrer, se fixer, sur une aire de l’espace visuel afin de faciliter la détection d’une cible (Posner et Petersen, 1990). En fait, les processus attentionnels permettent à l’organisme de mettre en œuvre une réaction d’orientation à l’égard des stimulations qu’il reçoit.

Il est possible de distinguer plusieurs mécanismes dans l’orientation de l’attention, mécanismes qui peuvent correspondre à une préparation attentionnelle. Posner (1980) distingue une attention endogène d’une exogène. Cet auteur est à l’origine d’une tâche d’indication spatial, où la notion d’indice correspond en fait à un signal d’alerte (la surbrillance d’un carré) qui va provoquer l’orientation de l’attention du sujet. L’attention endogène se caractérise par un processus volontaire et actif. L’individu peut lui-même diriger son attention vers un type d’information ; c’est lié à son intention. On peut alors jouer sur des effets d’attente de la part du sujet, lui permettant de se préparer à traiter l’information attendue et à y répondre rapidement. L’attention exogène correspond, elle, à un processus automatique, réflexe et passif. L’objet extérieur va attirer de façon réflexe ou passive l’attention d’un individu. Il s’agit d’une orientation automatique de l’attention déclenchée par un changement brutal d’énergie détecté même dans les régions non focalisées. Lors d’une tâche de détection de cible, Müller et Rabbitt (1989) montrent qu’un indice périphérique (surbrillance) et un indice symbolique (une flèche centralement présentée indiquant la direction d’apparition du stimulus) n’ont pas les mêmes effets chronométriques sur l’orientation de l’attention : effet entre 50 et 170 ms pour l’indice périphérique et à partir de 300 ms pour l’indice central. L’orientation provoquée par un indice périphérique est difficilement interrompible

contrairement à celle provoquée par l'indice central (réorientation par un stimulus inattendu). L'interprétation de ces résultats aboutit à distinguer les deux formes de l'orientation de l'attention : la forme exogène et la forme endogène.

La mise en jeu de l'attention sélective implique le traitement d'une seule information cible alors que plusieurs nous sollicitent. Le principe est donc de se fixer sur la cible tout en ignorant les stimulations environnantes. Le flot continu des informations reçues par notre organisme peut représenter un risque de surcharge à l'opérateur humain. Il faut donc qu'un dispositif protecteur effectue un premier tri des messages transmis au système de traitement central. Le terme de blocage du traitement de l'information inattendue est utilisé par Broadbent (1958) pour décrire le mécanisme de filtrage qui intervient après le traitement sensoriel, et avant le traitement perceptif, et qui n'autorise que le passage des informations attendues. Selon cet auteur, le filtre sélectif correspond au filtre attentionnel, et l'attention se retrouve munie d'une capacité limitée de traitement. Le blocage du distracteur, retenu au niveau du filtre, permet le traitement de l'information attendue. Par ailleurs, il est possible d'opposer un traitement parallèle à un traitement sériel des informations. Les études phares dans ce domaine sont celles de Treisman et Gelade (1980) et Julesz (1984). En fait, les auteurs font une distinction entre un niveau préattentionnel et un niveau attentionnel de traitement dans leur modèle d'intégration des traits. Le terme de recherche sérielle de la cible s'applique lorsque les temps de réaction augmentent avec le nombre de distracteurs. L'attention est alors nécessaire pour combiner les traits élémentaires simples en un objet cognitif auquel on compare les stimuli présentés pour en vérifier la conformité (cible détectée) ou la non-conformité (distracteur rejeté). Le traitement parallèle correspond lui à une recherche qui n'implique pas d'augmentation des temps de réponse avec le nombre des distracteurs. Un individu peut en effet facilement trouver une cible qui se définit par un trait perceptif simple, comme par exemple une cible rouge entourée de distracteurs verts. La cible saute aux yeux du sujet (phénomène de « pop out »), sans que celui-ci ait l'impression de faire un effort attentionnel pour la découvrir. Ce mode de sélection est considéré comme préattentionnel dans la mesure où il repose sur des mécanismes automatiques de bas niveau chargés d'effectuer l'analyse des traits élémentaires d'une scène perceptive.

Il a été admis depuis de nombreuses années que l'attention sélective visuelle peut être orientée vers un emplacement de l'espace non fixé ; le fait de fournir des informations sur la localisation d'une cible à apparaître peut améliorer l'efficacité du traitement (Posner, Snyder

et Davidson, 1980). L'utilisation de l'information spatiale est apparentée au mécanisme attentionnel opérant comme un faisceau. Maniant la métaphore, Posner décrit l'attention sélective visuelle comme un projecteur qui augmente l'efficacité de détection des événements à l'intérieur de ce faisceau.

Bien qu'il y ait un consensus concernant l'effet de la localisation des informations cibles sur l'attention sélective visuelle, on trouve moins d'accords sur un éventuel effet des informations non spatiales sur l'efficacité de la sélection des informations (Duncan, 1981 ; Kim et Cave, 1995 ; Lambert et Hockey, 1986 ; Theeuwes, 1989). Posner, Snyder et Davidson (1980) ont conclu que la détection de signaux peut uniquement être améliorée par des informations sur son emplacement et non par d'autres informations telles que la couleur. Cette question d'un impact équivalent des caractéristiques de la cible (couleur, forme, mouvement,...) et de sa localisation a fait l'objet de débats. Bien qu'il soit admis que l'information sur la localisation améliore la détection du signal (Cave et Pashler, 1995 ; Posner, Snyder et Davidson, 1980 ; Lamy et Tsal, 2001 ; LaBerge, 1981 ; Tsal et Lamy, 2000), il n'est pas encore bien clair si l'information sur les traits non spatiaux implique un effet similaire. Alors que plusieurs études ont fourni des preuves de l'absence d'effet des informations préalables concernant les caractéristiques non spatiales sur la sélection visuelle (Cave et Pashler, 1995 ; Posner et al., 1980 ; Kim et Cave, 2001 ; Tsal et Lavie, 1988 ; Theeuwes, 1989), d'autres études ont, elles, fourni des arguments en faveur d'une amélioration de l'entrée de l'information au niveau cérébral grâce aux caractéristiques non spatiales (Brawn et Snowden, 1999 ; Humphreys, 1981 ; Lambert et Corban, 1992 ; Laarni, 1999 ; Lappin et Uttal, 1976 ; Vierck et Miller, 2005).

Il a été montré que la variabilité appliquée à la probabilité spatiale des cibles induisait une perturbation du comportement attentionnel des patients négligents, se caractérisant par une facilitation de la détection de cibles en cas de haute probabilité d'apparition, même au niveau de l'hémiespace négligé (Natale, Posteraro, Prior and Marzi, 2005; Smania et al., 1998 ; Geng et Behrmann, 2002). D'Erme et al. (1992) proposent que le déséquilibre attentionnel des négligents relève essentiellement de l'attention exogène. Les patients négligents ne sont pas capables d'orienter leur attention d'une façon exogène vers la gauche, mais ils peuvent le faire volontairement (Ladavas et al., 1994). En effet, il est usuel de dire que la négligence est caractérisée par une réduction de la perception, de l'action et des processus attentionnels orientés vers l'espace contralésionnel et que les patients négligents

s'avèrent incapables de compenser leur pathologie par une orientation volontaire de l'attention. Il serait désormais intéressant de déterminer si des irrégularités, cette fois-ci uniquement perceptives et non spatiales, sont suffisantes pour modifier le comportement attentionnel des patients négligents, dans l'espace contralatéral et ipsilatéral.

Dans notre étude, nous souhaitons observer la façon dont des variations des aspects perceptifs d'une cible vont affecter l'orientation de l'attention et de ce fait la détection de cette cible. Nous avons observé, lors d'une précédente étude (expérience 2), que l'introduction d'une variabilité dans la probabilité spatiale des cibles plus une variabilité des caractéristiques perceptives des cibles pouvait perturber la distribution attentionnelle des sujets sains mais également des patients négligents lors d'une simple tâche de détection de cibles. La réalisation de cette expérience nous permet donc d'isoler le facteur variabilité perceptive afin d'en observer la part de responsabilité sur la modification expérimentale du comportement attentionnel. En d'autres termes, si la variabilité spatiale est majoritairement responsable des mouvements d'orientation de l'attention alors l'introduction unique d'une variabilité perceptive ne devrait pas perturber l'orientation de l'attention des sujets. En revanche si cette variabilité perceptive a un poids considérable dans le processus d'orientation de l'attention, on devrait alors observer une modification du comportement attentionnel des sujets. Plus précisément, nous souhaitons vérifier si cette variabilité des caractéristiques de la cible peut altérer la distribution attentionnelle des sujets sains entre les deux hémiespaces mais également si les patients négligents seront sensibles à cette variabilité au niveau de leur hémiespace négligé mais également au sein de l'hémiespace droit, et enfin si les patients cérébro-lésés droits sans négligence manifestent un pattern de performances similaire aux sujets sains.

2. Sujets

Le groupe des sujets sains est constitué de 18 volontaires, dont 9 femmes, avec une moyenne d'âge de 58,3 ans, les âges allant de 51 à 65 ans. Tous les sujets sont droitiers et ne présentent pas de déficit neurologique.

Un total de 18 patients droitiers souffrant d'une lésion hémisphérique droite a participé à notre étude. Les informations démographiques et cliniques des patients sont présentées dans

le tableau 12. Les résultats d'imagerie cérébrale (IRM ou Scanner) ont été utilisés pour déterminer la localisation et l'étendue des lésions. Les patients sont divisés en deux sous-groupes : (1) 9 patients, dont 5 femmes avec une moyenne d'âge de 67,1 s'échelonnant de 55 à 76 ans, qui présentent une négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N+) et (2) 9 patients, dont 5 femmes avec une moyenne d'âge de 66,5 s'étalant de 53 à 72 ans, sans signes de négligence gauche (CLD N-). L'évaluation neuropsychologique de la négligence s'est effectuée grâce à la BEN (Azouvi et al., 2002), qui correspond à une batterie standardisée de tests cognitifs. Nous nous sommes assurés qu'aucun des patients ne présentait d'hémianopsie associée à la négligence, en leur proposant un champ visuel de Goldmann. Nous avons obtenu le consentement de tous les participants, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

Tableau 12. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Patients	Genre	Age (années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
Patients négligents				
1	Femme	55	62	D capsule interne (H)
2	Femme	72	20	D thalamique et capsulaire (I)
3	Femme	75	58	D temporo-parietal (I)
4	Homme	69	162	D temporo-parietal (I)
5	Homme	76	35	D fronto-pariéto-insulaire (I)
6	Homme	64	33	D fronto-pariétal (I)
7	Homme	66	221	D thalamique (I)
8	Femme	70	272	D thalamique et capsulaire (H)
9	Femme	57	94	D capsule-lenticulaire et thalamique (H)
Patients cérébro-lésés droits				
1	Homme	53	120	D frontal (H)
2	Homme	69	27	D capsule-thalamique (I)
3	Femme	71	32	D ganglions de la base (I)
4	Homme	72	25	D temporal (I)
5	Femme	68	15	D jonction temporo-pariéto-occipitale (I)
6	Homme	65	10	D temporo-pariétal (H)
7	Femme	70	46	D ganglions de la base (I)
8	Femme	64	30	D temporo-parietal (H)
9	Femme	67	10	D region rolandique (I)

Légende. D, hemisphere droit; H, hémorragique; I, ischémique

3. Matériel

Trois carrés, d'une dimension de 15 mm x 15 mm, étaient présentés au centre d'un écran blanc d'ordinateur. Les carrés étaient en fait organisés horizontalement, le carré du milieu étant placé au centre de l'écran. Les carrés de droite et de gauche étaient éloignés de 15 mm du carré central. Ce carré central contenait un petit point noir de fixation, et la cible (une

étoile, d'une largeur de 2mm) apparaissait soit dans le carré de droite soit dans le carré de gauche.

Chaque essai se déroulait ainsi : apparition des trois carrés et du point de fixation pour une durée de 150, 500 ou 1000 ms (stimulus-onset asynchrony ; SOA) avant l'apparition de la cible ; cette dernière reste visible jusqu'à ce que le sujet réponde. Puis un écran blanc était présenté pendant les délais inter-essais, 1000 ms. Les durées de SOA étaient réparties aléatoirement pour chaque bloc.

Le protocole expérimental comprenait 4 blocs permettant l'introduction d'une variabilité perceptive des cibles. La répartition gauche/droite des cibles était équilibrée, c'est-à-dire 50%/50%, dans toutes les conditions. En revanche une variabilité des traits caractéristiques de la cible était introduite soit pour les cibles apparaissant à gauche soit à droite. Le premier bloc correspondait à la condition 1, première condition de contrôle 50/50. Dans les trois blocs suivants, deux conditions de contrôle (3 et 5) alternaient avec les deux conditions de variabilité (condition 2 : variabilité gauche et condition 4 : variabilité droite). Il y avait au total 720 essais, dont la moitié de présentation des cibles à gauche et l'autre moitié du côté droit.

La cible visuelle à détecter était donc une étoile qui pouvait varier et prendre un aspect différent selon plusieurs paramètres : le type d'étoile (6 possibles), la taille de l'étoile en caractère gras ou pas (10 tailles possibles), la localisation de la cible à l'intérieur de chaque carré latéral (10 localisations possibles). Ces variations de cible n'étaient appliquées que pour un hémiespace, gauche ou droit, dans les deux conditions de variabilité (2 et 4). Sinon, hormis les situations de variabilité, la cible à détecter était une simple étoile immuable.

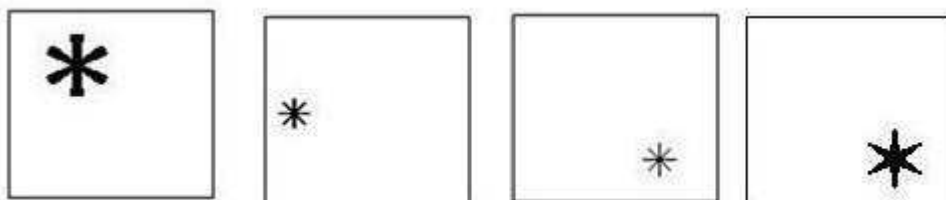


Illustration du matériel : 4 exemples de type de cibles présentées.

4. Procédure

Les participants étaient confortablement assis en face d'un écran d'ordinateur, à distance d'environ 50 cm. Ils avaient comme consigne de maintenir une fixation visuelle durant toute l'expérience, sur le point noir central, et devaient détecter le plus rapidement possible l'apparition de la cible. Pour ce faire, les participants devaient appuyer sur la barre espace du clavier avec l'index de leur main droite. Les mouvements oculaires étaient contrôlés par l'expérimentateur et les essais pour lesquels la fixation n'était plus maintenue ont été retirés de l'analyse.

Les participants ont donc répondu aux quatre blocs successivement, avec un temps de repos entre chacun d'entre eux.

5. Analyse

Les temps de réaction (TR) étaient mesurés entre l'apparition de la cible et la réponse du participant. Seulement les TRs compris entre 130 et 5000 ms ont été inclus dans l'analyse. En effet, les TRs inférieurs à 130 ms ont été considérés comme étant des anticipations et ceux supérieurs à 5000 ms comme des omissions. Pour chaque participant, les moyennes des TRs et leurs écart-types ont été calculés. Les analyses statistiques se sont donc appliquées aux TRs ainsi qu'aux écart-types afin d'évaluer l'effet de la fréquence d'occurrence et de la variabilité des cibles sur l'orientation de l'attention visuelle des trois groupes de participants, au niveau de leur deux hémispaces.

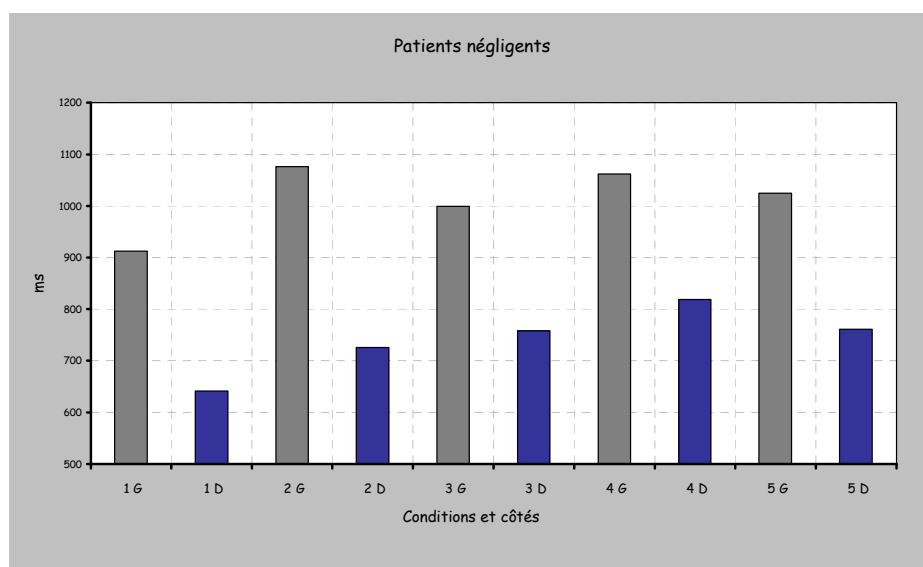
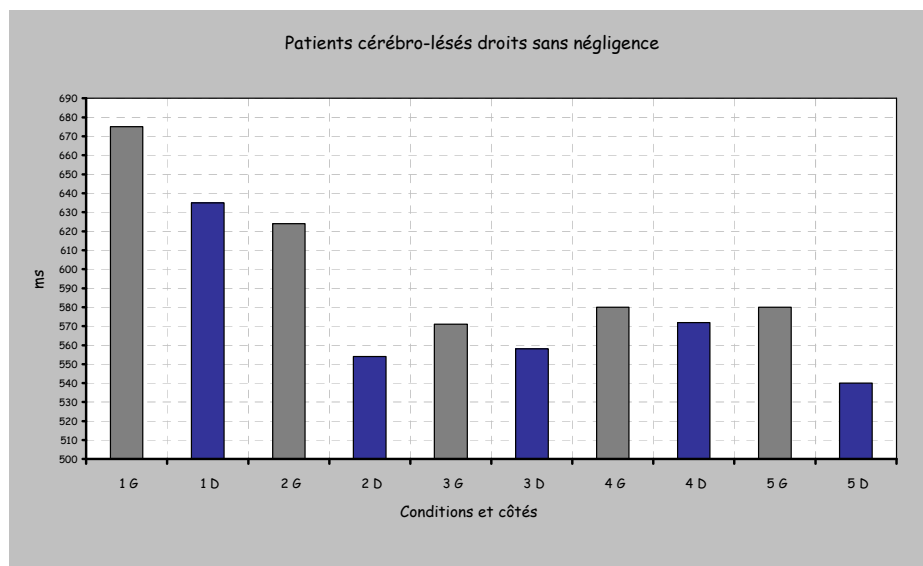
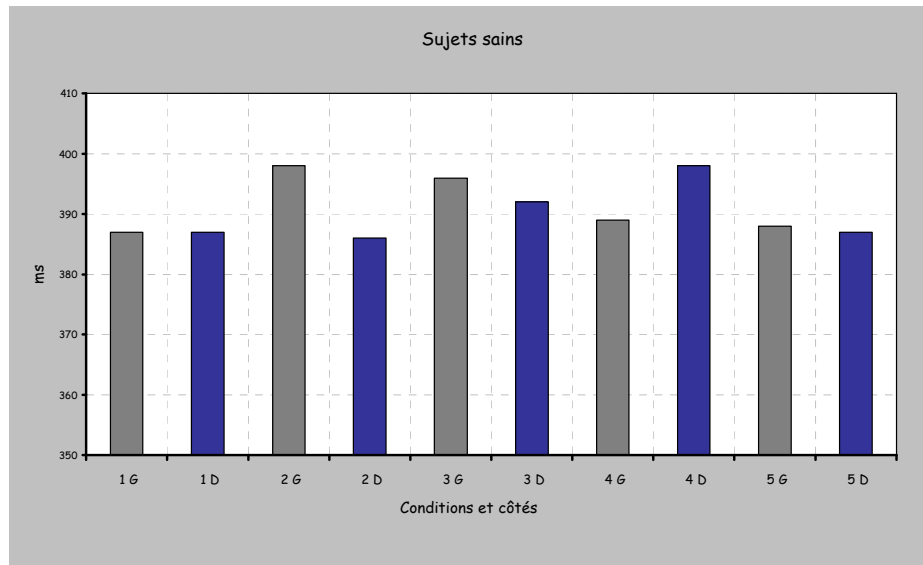
Les TRs et les ET ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec le facteur Groupe (CLD N+, CLD N- et sujets sains) comme variable indépendante et les facteurs Condition (1,2,3,4 et 5), Côté (gauche et droit), et SOA (150, 500 et 1000 ms) comme variables dépendantes. Pour ces deux analyses, l'effet des SOA n'a pas été analysé car ce facteur n'a été introduit que pour éviter les réponses automatiques. Des comparaisons planifiées ont été effectuées si nécessaire sur les effets principaux et les interactions.

6. Résultats

6.1. Analyse des temps de réaction (TRs)

Conditions	Sujets sains		CLDN N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	387	387	912	641	675	635
2	398	386	1076	726	624	554
3	396	392	999	758	571	558
4	389	398	1062	819	580	572
5	388	387	1025	761	580	540

Tableau 13. Temps de réaction moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.



Graphiques des TRs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

L'analyse de variance effectuée sur le groupe des sujets sains met en évidence un effet principal du facteur SOA ($F(2,34)=44,8$; $p<.0001$) ainsi qu'une interaction Condition x Côté x SOA ($F(8,136)=3,58$; $p<.001$).

La réalisation de comparaisons planifiées montre une interaction Condition x Côté significative pour les conditions 1 et 2 ($F(1,17)=6,66$; $p<.05$), où les TRs sont plus longs pour la condition 2 à gauche (variabilité) qu'à droite, comparativement à des TRs gauche et droit équivalents pour la condition 1.

Concernant le groupe de patients CLD N-, l'analyse de variance objective un effet principal du facteur Côté ($F(1,8)=6,64$; $p<.05$) avec des réponses plus lentes à gauche, ainsi qu'un effet du facteur SOA ($F(2,16)=3,92$; $p<.05$).

La réalisation de comparaisons planifiées met en évidence une interaction Condition x Côté de la condition 2 avec les conditions 3 ($F(1,8)=7,42$; $p<.05$), 4 ($F(1,8)=5,48$; $p<.05$) et 5 ($F(1,8)=5,64$; $p<.05$). Cette condition 2 est d'ailleurs marquée d'une différence gauche/droite significative ($F(1,8)=8,08$; $p<.05$), avec des TRs plus longs du côté gauche, c'est-à-dire du côté de la variabilité perceptive.

Enfin, les patients CLD N+ manifestent également un effet principal du facteur Côté ($F(1,8)=7,8$; $p<.05$), signifiant des temps de détection moins rapides pour les cibles gauches, ainsi qu'un effet du facteur SOA ($F(2,16)=12,17$; $p<.001$).

Les comparaisons planifiées montrent une interaction Condition x Côté significative entre les conditions 1 et 2 ($F(1,8)=6,73$; $p<.05$) et entre les conditions 2 et 4 ($F(1,8)=8,1$; $p<.05$), qui sont les deux conditions de variabilité. Il est intéressant de noter qu'on ne retrouve pas la différence significative typique des patients négligents entre une présentation gauche et droite des cibles pour la condition 4. Rappelons qu'une variabilité est introduite pour les présentations à droite dans cette condition, ce qui a ralenti les temps de détection. Notons que ces temps de détection de la cible ont également été ralentis en cas de variabilité gauche (condition 2), comparativement à la présentation gauche des cibles sans variabilité lors de la condition 1 ($F(1,8)=6,9$; $p<.05$).

L'analyse des TRs concernant les trois groupes de participants montre tout d'abord un effet du facteur Groupe, $F(2,33)=18,73$; $p<.0001$, traduisant des réponses plus rapides pour les sujets sains que les patients CLD N- qui sont eux-mêmes plus rapides que les patients CLD N+. On observe également un effet du facteur Côté, $F(1,33)=16,09$; $p<.001$, avec des TRs plus longs à gauche ; ainsi qu'un effet du facteur SOA, $F(2,66)=35,4$; $p<.0001$.

L'analyse statistique met également en évidence plusieurs interactions : Groupe x Condition ($F(8,132)=3,42$; $p<.01$), Groupe x Côté ($F(2,33)=10,88$; $p<.001$), Condition x Côté ($F(4,132)=4,91$; $p<.01$), Groupe x SOA ($F(4,66)=3,72$; $p<.01$), Condition x SOA ($F(8,264)=2,59$; $p<.01$), Groupe x Condition x SOA ($F(16,264)=2,09$; $p<.01$) et Condition x Côté x SOA ($F(8,264)=2,61$; $p<.01$).

La réalisation de comparaisons planifiées révèle que les trois groupes diffèrent significativement les uns des autres : différence sujets sains/CLD N+, $F(1,33)=37,24$; $p<.0001$; différence sujets sains/CLD N-, $F(1,33)=6,15$; $p<.05$; différence CLD N+/CLD N-, $F(1,33)=9,84$; $p<.01$.

Seul le groupe des patients CLD N+ manifeste un effet significatif du facteur Côté, $F(1,33)=31,41$; $p<.0001$, avec des TRs plus lents à gauche.

6.2. Analyse des Ecart-types (ETs)

Conditions	Sujets sains		CLDN N+		CLD N-	
	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	93	96	505	327	311	292
2	110	89	611	361	281	213
3	118	108	530	324	188	204
4	89	113	539	411	199	237
5	88	99	467	377	193	186

Tableau 14. Ecart-types moyens pour les sujets sains, les CLD N- et les CLD N+ pour toutes les conditions en fonction du côté gauche ou droit de présentation de la cible à détecter.

L'analyse de variance effectuée sur le groupe des sujets sains pointe uniquement une interaction Condition x Côté x SOA, $F(8,136)=3,23$; $p<.01$.

La réalisation de comparaisons planifiées nous permet de constater une interaction Condition x Côté significative entre les conditions 1 et 2 ($F(1,17)=5,7$; $p<.05$), 2 et 4 ($F(1,17)=5,45$; $p<.05$), ainsi que 2 et 5 ($F(1,17)=5,78$; $p<.05$). Il est également intéressant de

souligner la différence significative entre une présentation gauche et droite de la cible, que l'on obtient pour la condition 2 ($F(1,17)=9,8$; $p<.01$). Cette différence va dans le sens d'une détection moins constante à gauche (variabilité).

Concernant le groupe des patients CLD N-, seule l'interaction Condition x SOA s'avère significative, $F(8,64)=2,62$; $p<.01$.

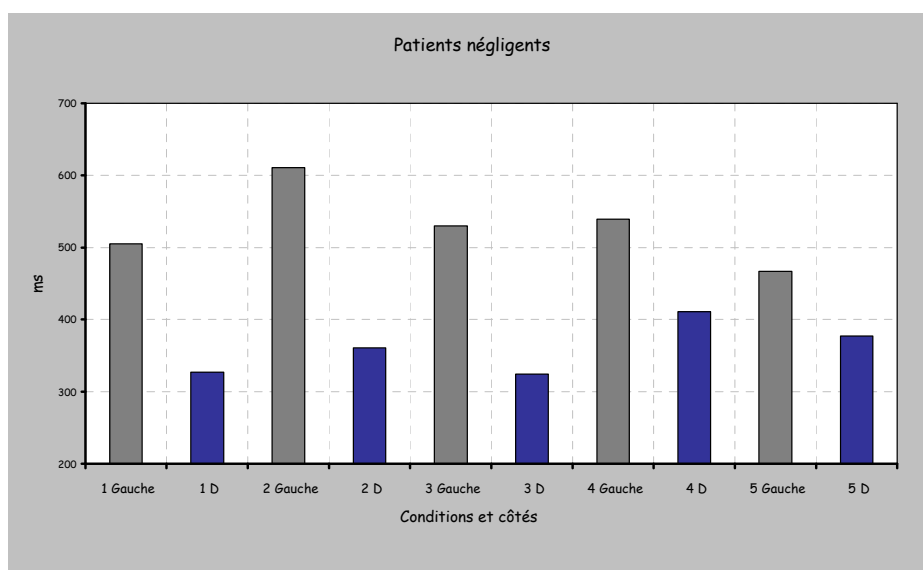
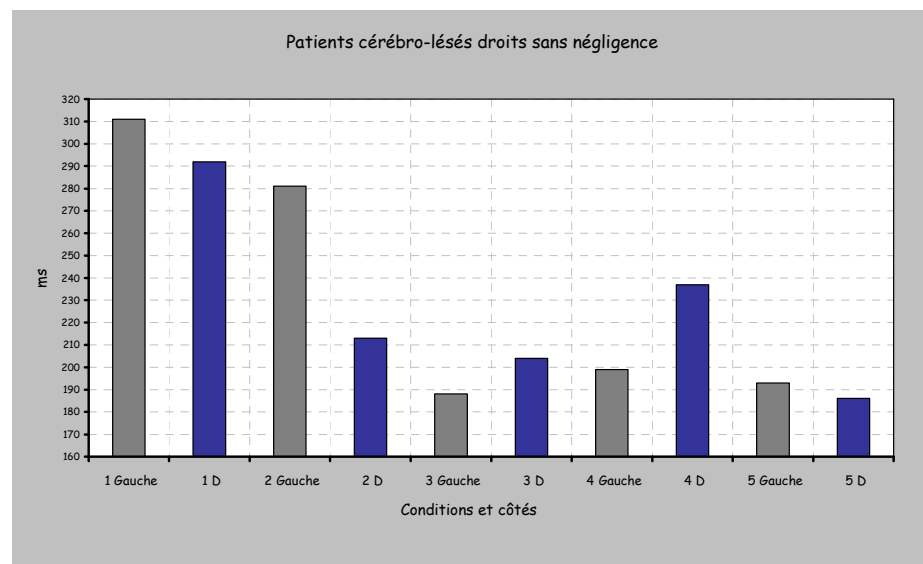
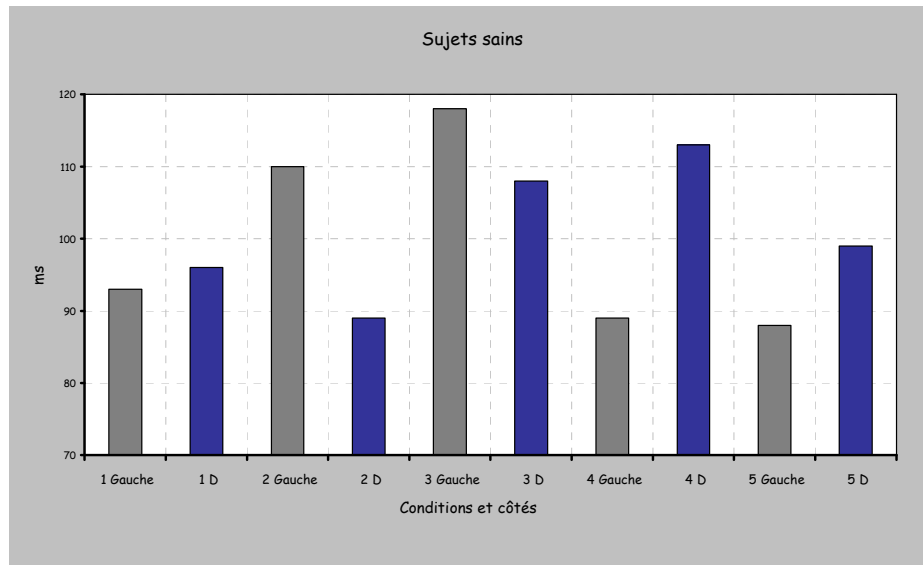
Enfin, les patients CLD N+ montrent un effet du facteur Côté ($F(1,8)=13,31$; $p<.01$), avec des TRs plus variables à gauche, ainsi qu'une interaction Condition x SOA ($F(8,64)=2,29$; $p<.05$). On observe, grâce aux comparaisons planifiées, une différence significative entre les deux côtés de présentation de la cible pour les conditions 2 ($F(1,8)=15,71$; $p<.05$) et 5 ($F(1,8)=10,03$; $p<.01$), où les réponses sont plus variables à gauche. Notons aussi une forte tendance à la significativité de cette différence gauche/droite pour la condition 1 ($F(1,8)=4,67$; $p<.06$). Il apparaît donc que la condition de variabilité appliquée à droite (n°4) a aboli la différence gauche/droite, et ceci durablement puisqu'elle n'existe pas non plus pour la condition 5, sans variabilité perceptive.

L'analyse des ETs concernant les trois groupes de participants montre un effet principal du facteur Groupe, $F(2,33)=21,4$; $p<.0001$, traduisant davantage de réponses variables pour les patients CLD N+ que pour les patients CLD N-, eux-mêmes plus inconstants que les sujets sains. Ensuite, un effet du facteur Côté est observé, $F(1,33)=20,15$; $p<.0001$, avec des ETs plus élevés à gauche.

Plusieurs interactions significatives sont également mises en évidence : Groupe x Condition, $F(8,132)=2,19$; $p<.05$; Groupe x Côté, $F(2,33)=17,31$; $p<.0001$; Groupe x SOA, $F(4,66)=3,89$; $p<.0001$; Condition x SOA, $F(8,264)=5,62$; $p<.0001$; et Groupe x Condition x SOA, $F(16,264)=2,67$; $p<.001$.

Après application de comparaisons planifiées, on constate que les trois groupes sont significativement différents : différence sujets sains/CLD N+, $F(1,33)=42,7$; $p<.0001$; différence sujets sains/CLD N-, $F(1,33)=6,08$; $p<.05$; différence CLD N+/CLD N-, $F(1,33)=12,42$; $p<.001$.

Un effet du facteur Côté n'est observé que pour le groupe des patients CLD N+, $F(1,33)=46,9$; $p<.0001$.



Graphiques des ETs en ms pour chaque condition en fonction du côté de présentation des cibles, pour chaque groupe de participants. (ex : 1G = condition N°1 côté gauche)

7. Discussion

Les résultats de cette nouvelle expérience montrent que l'introduction d'une variabilité dans la présentation de la cible à détecter, c'est-à-dire au niveau des traits qui la caractérisent, n'a pas eu d'influence majeure sur le comportement attentionnel des participants. On observe que les sujets sains et les patients cérébro-lésés droits ne présentant pas de négligence ont surtout été affectés par l'introduction d'une variabilité perceptive lors de la présentation de cibles gauches. En effet, les sujets sains ont surtout réagi en termes de constance de leurs réponses. Leurs temps de détection des cibles ont manqué de constance pour répondre à des cibles perceptivement variables à gauche, ce qui a induit un biais de réponse au détriment de l'hémiespace gauche. Il faut également noter que ce profil se distingue d'un pattern inverse lors de l'introduction d'une variabilité droite, et que l'interaction se poursuit pour la condition sans variabilité qui suit. On a donc bien ici une manipulation expérimentale de la constance des réponses des sujets sains en réaction à une variabilité perceptive introduite au niveau de l'hémiespace gauche. Les patients cérébro-lésés droits sans négligence ont également manifesté une sensibilité à l'introduction de la variabilité perceptive à gauche mais uniquement en terme de temps de réaction, et pas, comme les sujets sains, au niveau de la constance de leurs réponses. La variabilité expérimentale a engendré un biais attentionnel se caractérisant par des réponses plus lentes à gauche qu'à droite. Quant à eux, les patients négligents ont été influencés par l'introduction d'une variabilité perceptive au niveau de l'hémiespace droit. En effet, lorsque les caractéristiques des cibles présentées à droite étaient changeantes, les patients négligents ont été ralentis pour les détecter, ce qui a significativement réduit le biais attentionnel typiquement observé dans cette pathologie, que ce soit en terme de temps de réponse ou de constance de ces réponses. Les patients se sont en fait avérés plus ralentis et moins constants pour répondre aux cibles perceptivement variables à droite.

Les résultats de notre étude sont donc en faveur d'un possible impact des informations non spatiales sur la distribution des ressources attentionnelles, avec, comme nous l'avons vu des répercussions différentes pour chacun des groupes de sujets. Downing (1988) a d'ailleurs fait l'hypothèse que les informations concernant l'orientation et la forme de stimuli pouvaient être source de confusion spatiale. En revanche, Theeuwes et Van der Burg (2007) nuancent eux l'impact des informations non spatiales sur la sélection perceptive et décrivent par contre

un effet des informations spatiales. Selon eux, savoir où une cible va apparaître affecte la sélection perceptive alors que savoir ce qu'elle est n'aide pas cette sélection.

Le fait de manipuler les caractéristiques perceptives des cibles implique ici de jouer sur les attentes des sujets. Ces derniers n'étant en effet pas prévenus d'une éventuelle variabilité dans la présentation des cibles à détecter, les changements endossent donc un caractère inattendu et de ce fait potentiellement perturbateur. Cette perturbation peut alors se manifester par un trouble de l'orientation exogène de l'attention en direction des cibles perceptivement changeantes. Les patients négligents présentent, eux, spontanément un trouble de l'attention exogène (Ladavas, 1994 ; Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron, 2001), orientée vers l'hémiespace gauche. On observe, dans notre étude, qu'une perturbation de l'orientation exogène de l'attention vers l'hémiespace droit peut venir s'ajouter au profil asymétrique typique de ces patients, au point de réduire le biais attentionnel. En réponse à la variabilité perceptive des cibles droites, les patients négligents se révèlent plus lents et moins constants pour détecter ces dernières.

Par ailleurs, les patients cérébro-lésés droits ne présentant pas de négligence se distingue des patients négligents puisqu'ils ne manifestent pas d'asymétrie attentionnelle spontanée mais font preuve d'une sensibilité aux variabilités artificielles plus proche des sujets sains.

Il est en effet intéressant d'observer les effets de cette variabilité perceptive sur le comportement des sujets sains. L'application de traits perceptifs changeants des cibles au niveau de l'hémiespace gauche a perturbé l'orientation de l'attention des sujets sains et a engendré une inconstance de leurs réponses, la détection pouvant être rapide comme lente. Il faut ici souligner que ce comportement variable ne s'est pas ici accompagné d'une augmentation des temps de réaction moyens, et que c'est donc bien seule la constance des réponses qui est touchée. Cette variabilité comportementale est habituellement rencontrée dans le profil des patients négligents et en constitue même un élément caractéristique (Anderson et al., 2000). Ainsi, dans notre étude, il paraît possible d'induire un comportement similaire à celui des patients négligents chez les sujets sains, en termes de variabilité des performances. La manipulation expérimentale a généré un biais de réponse des sujets sains, comparable au biais pathognomonique des patients négligents. Notons que ce résultat prouve également qu'il est possible de dissocier une altération de la constance des réponses sans

altération des temps de réponses moyens. La nature perceptive, et non spatiale, des changements appliqués à la cible a peut être induit une perturbation moins intensive qu'une manipulation des informations spatiales, et aurait de ce fait uniquement engendré une fluctuation des réponses.

Comme pour les patients négligents, le biais obtenu chez les sujets sains va uniquement dans le sens de moins bonnes performances au niveau de l'hémiespace gauche, comparativement au droit. On n'obtient en effet pas de profil inverse. Ce phénomène pourrait trouver une explication dans le cadre des hypothèses de spécialisation hémisphérique (Heilman et al., 1987) en faveur d'une spécialisation de l'hémisphère droit pour les fonctions spatiales. En effet, compte tenu de la nature justement non spatiale des manipulations appliquées aux caractéristiques de la cible, on peut supposer que l'hémisphère droit n'a pas ici bénéficié de sa supériorité pour effectuer un traitement des données spatiales et n'a par conséquent pas suffisamment compensé les réponses aux cibles perceptivement inattendues. Ceci aurait de ce fait créé une fluctuation dans les temps de réponses. Cette hypothèse semble corroborée par le profil des patients cérébro-lésés droits sans négligence, qui s'avèrent eux aussi uniquement perturbés par l'application d'une variabilité perceptive au niveau de l'hémiespace gauche, sans obtenir de profil inverse. L'introduction d'une variabilité dans les caractéristiques perceptives de la cible semble donc échapper au traitement de l'hémisphère droit, et avoir davantage d'effet lors d'une application gauche.

L'absence d'effet de la variabilité perceptive appliquée aux cibles droites peut s'expliquer par la spécialisation de l'hémisphère gauche pour le traitement des informations locales. Suite à l'étude de Navon (1977) sur le traitement des aspects globaux et locaux de l'information spatiale, plusieurs recherches neuropsychologiques et en PET scan ont mis en évidence une spécialisation hémisphérique pour ces deux types de traitement (Fink et al., 1997, 1999 ; Lamb, 1989 ; Robertson et al., 1988). L'hémisphère gauche semble être impliqué dans l'attention pour les informations locales (Chokron et al, 2000), ce qui est important dans la reconnaissance des objets par exemple, alors que l'hémisphère droit semble être plus activé dans le traitement des traits globaux, comme dans l'exploration générale de l'environnement. Dans notre étude, le traitement des variabilités perceptives de la cible présentée à droite aurait particulièrement sollicité l'hémisphère gauche, qui s'avère justement spécialisé dans le traitement de ces informations locales (taille, forme,...). Par conséquent, cette spécialisation a pu éviter la génération d'un biais attentionnel.

Nous avons donc mesuré les effets de différents types de variabilité, spatiale (expériences 2,3 et 4) et non spatiale (expériences 2 et 5), sur le comportement de plusieurs groupes de sujets, comportant des sujets sains, des patients cérébro-lésés droits avec et sans négligence.

La question est désormais de constater si la présence d'une lésion de l'hémisphère droit, et notamment en cas de négligence spatiale unilatérale gauche, peut générer une variabilité de haut niveau, c'est-à-dire affectant le traitement des informations perceptives. En d'autres termes, les patients négligents perçoivent-ils de façon constante les informations perceptives provenant de l'ensemble de leur espace visuel ?

VI- Expériences 6 et 7 - Jugement de similarité -

1. Introduction

Consécutivement à une lésion de la partie postérieure de l'hémisphère droit, il est fréquent que les patients ignorent les événements qui surviennent sur leur gauche. Ce phénomène est dénommé négligence spatiale unilatérale (NSU). Comme nous l'avons déjà exposé précédemment, la NSU peut se manifester, dans les formes les plus sévères, par une ignorance totale de tout ce qui se passe à la gauche du patient : écriture, lecture, préhension, interlocuteur, obstacles,...La négligence peut également intéresser la représentation mentale de l'espace. De fait, le sujet ne parvient à décrire que la partie droite d'un endroit familier mais se montre capable de décrire l'autre côté si on lui demande de changer de point de vue et de se faire une rotation mentale de 180° et de décrire à nouveau cet endroit familier (Bisiach et Luzzatti, 1978). Par ailleurs, la négligence spatiale peut intéresser l'hémicorps du patient ; ainsi le patient peut-il se raser que la moitié droite du visage et même négliger son membre supérieur gauche. Globalement, la NSU se caractérise par l'impossibilité du patient de décrire verbalement, de répondre ou de s'orienter aux stimulations contralatérales à la lésion cérébrale (Heilman, Watson et Valenstein, 1993). La NSU peut donc toucher l'espace extrapersonnel, personnel ou encore l'espace représenté (Bisiach et Berti, 1987).

D'un point de vue théorique, la compréhension de la NSU se confronte à un problème majeur qui correspond à la fluctuation des manifestations cliniques d'un patient à l'autre (Halligan et Marshall, 1994), mais également pour un même patient (Marshall et Halligan, 1990). Ce manque de conception univoque du comportement négligent n'a toujours pas permis à ce jour d'établir un modèle unitaire de la cognition spatiale pouvant rendre compte des comportements pathologiques des patients négligents.

Ce concept de variabilité dans l'expression de la négligence a en effet été fréquemment relevé dans de nombreuses études (Chokron, Bernard et Imbert, 1997 ; Bartolomeo, 1997 ; Harvey, Milner et Roberts, 1995 ; Schweinberger et Stief, 2001), sans pour autant que ce phénomène ne soit considéré comme un objet d'étude à part entière.

Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000) ont porté leur attention sur cette variabilité des performances des patients négligents, et ont cherché à la mesurer lors d'une tâche de temps de réaction. Les auteurs ont basé leur réflexion sur le fait que la plupart des études comparent des moyennes et concluent à une perte des capacités lorsque les performances des patients négligents sont plus faibles que celles des autres groupes expérimentaux. Cependant la réalisation de moyennes masque la présence de plusieurs réponses normales des patients, ceci même au niveau de leur hémiespace négligé. Ils évoquent donc plutôt une incapacité à répondre de façon constante plutôt qu'une incapacité totale. Leurs résultats montrent une augmentation de la variabilité des temps de réaction, suivant un gradient spatial, ce que ne présentent pas les patients cérébro-lésés sans négligence. Le fait que les patients négligents soient capables de répondre normalement à plusieurs essais dans leur hémiespace négligé réfute l'hypothèse d'un déficit cognitif irréparable et total. En revanche, ce pattern de performances reflète davantage une incapacité à répondre et détecter invariablement des stimuli. Les auteurs avancent plusieurs hypothèses pour expliquer leurs résultats, abordant des idées de trouble de l'attention soutenue, de mouvements visuels anormaux ou d'une contribution de systèmes compensatoires.

Compte-tenu de l'importance indéniable de la variabilité des performances dans la définition de la négligence, nous nous interrogeons dans ce travail sur la nature de cette variabilité et surtout sur ses fondements. En effet, nous proposons que ces fluctuations dans les réponses fournies pourraient être le reflet d'une variabilité de plus haut niveau, c'est-à-dire au niveau de la réception même des informations visuelles. Nous supposons en fait l'existence d'une variabilité perceptive chez les patients négligents. Ce manque de constance dans la perception des stimuli environnants se manifesterait alors par des réponses inconstantes au niveau de l'ensemble de l'espace visuel. Afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse, nous nous sommes posés la question de ce que le patient négligent perçoit. En effet, est-ce que les patients négligents perçoivent comme tout le monde de simples images visuelles, et les perçoivent-ils de façon constante ? Notre réflexion est basée sur l'idée que la négligence ne correspond pas à une absence de perception mais pourrait davantage être le résultat d'une forme de chaos perceptif, en d'autre terme d'une grande variabilité de la perception. Nous avons donc souhaité vérifier l'intégrité d'une simple perception visuelle lors d'une épreuve de jugement de similarité. Nous formulons l'hypothèse que les patients négligents manifesteront un jugement de similarité biaisé pour des figures identiques, en réponse à la variabilité perceptive potentiellement inhérente à leur pathologie, mais également que ce trouble serait

typique de la négligence et ne s'observerait donc pas pour des patients cérébro-lésés droits sans négligence ni pour des sujets sains.

Pour tester cette hypothèse, nous avons construit deux expériences de jugement de similarité ; l'une utilisant divers dessins figuratifs, l'autre n'utilisant qu'un seul dessin invariable. Des distorsions visuelles ont été introduites afin de justifier la réalisation de ce jugement et la production de réponses « différent » ou « similaire » (cf. description plus bas).

L'analyse statistique de ces deux expériences s'est effectuée grâce à l'application d'une analyse de variance (ANOVA) à un facteur correspondant au groupe de sujets (sujets sains, patients cérébro-lésés droits avec négligence, CLD N+, et patients cérébro-lésés droits sans négligence (CLD N-), sur les pourcentages de bonnes réponses. Une seconde ANOVA a ensuite été effectuée avec toujours le facteur groupe (sujets sains, CLD N+, CLD N-) comme variable indépendante et cette fois le pourcentage d'erreurs comme variable dépendante, avec soit une erreur dite de similarité (images jugées similaires au lieu de différentes) soit une fausse alarme (images jugées différentes au lieu de similaires).

1.1. Expérience 6 - Jugements de similarité portant sur différentes figures -

1.1.1. Sujets

Un groupe de 16 patients atteints d'une lésion hémisphérique droite a été constitué sur la base de la présence d'une négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N+). Ce groupe de sujet compte 8 femmes et 8 hommes, avec une moyenne d'âges de 65,81 ans, les âges s'étalent de 43 à 81 ans. A ce groupe s'ajoute une cohorte de 16 patients également cérébro-lésés droits mais sans signe de négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N-) ; ce groupe de patients est constitué de 7 femmes et 9 hommes, dont la moyenne d'âges est de 68,44 ans, avec une répartition de 57 à 83 ans des âges. Les informations démographiques et cliniques des patients sont présentées dans le tableau 14. Les résultats d'imagerie cérébrale (IRM ou Scanner) ont été utilisés pour déterminer la localisation et l'étendue des lésions. L'évaluation neuropsychologique de la négligence s'est effectuée grâce à la BEN (Azouvi et al., 2002), qui correspond à une batterie standardisée de tests cognitifs. Nous nous sommes assurés qu'aucun des patients ne présentait d'hémianopsie associée à la négligence, en leur proposant un champ visuel de Goldmann.

Le groupe de 16 sujets contrôles, droitiers et sans déficit neurologique, est constitué de 12 femmes et 4 hommes, avec une moyenne d'âges de 64,4 ans, les âges s'échelonnant de 55 à 75 ans.

Nous avons obtenu le consentement de tous les participants, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

Table 14. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Patients	Genre	Age (années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
Patients négligents				
1	Homme	43	288	D thalamique et capsulaire (H)
2	Femme	73	44	D ganglions de la base et capsulaire (I)
3	Femme	55	62	D capsule interne (H)
4	Homme	60	22	D temporo-pariétal (I)
5	Homme	67	42	D temporo-pariétal (I)
6	Femme	78	76	D thalamique (I)
7	Homme	54	244	D thalamique et capsulaire (H)
8	Homme	63	92	D ganglions de la base, capsulaire, frontal (I)
9	Femme	76	42	D temporo-pariétal (I)
10	Homme	63	124	D temporo-pariétal (I)
11	Femme	81	54	D pariétal (I)
12	Femme	77	18	D thalamique et capsulaire (I)
13	Homme	59	375	D fronto-pariétal (H)
14	Femme	75	58	D temporo-parietal (I)
15	Femme	65	34	D temporo-pariétal (I)
16	Homme	64	91	D capsulo-lenticulaire (I)
Patients cérébro-lésés droits				
1	Homme	81	45	D fronto-pariétal (H)
2	Femme	68	15	D jonction temporo-pariéto-occipitale (I)
3	Homme	65	10	D temporo-pariétal (H)
4	Homme	72	25	D temporal (I)
5	Femme	64	26	D fronto-temporal (I)
6	Homme	65	19	D temporo-parietal (I)
7	Homme	70	52	D pariétal (H)
8	Femme	70	46	D ganglions de la base (I)
9	Femme	64	30	D temporo-parietal (H)
10	Homme	76	103	D fronto-pariétal (I)
11	Homme	83	88	D frontal (I)
12	Homme	65	236	D fronto-pariétal (H)
13	Femme	57	32	D ganglions de la base (I)
14	Homme	60	97	D temporo-pariétal (I)
15	Femme	61	145	D temporal (I)
16	Femme	74	29	D temporo-pariétal (I)

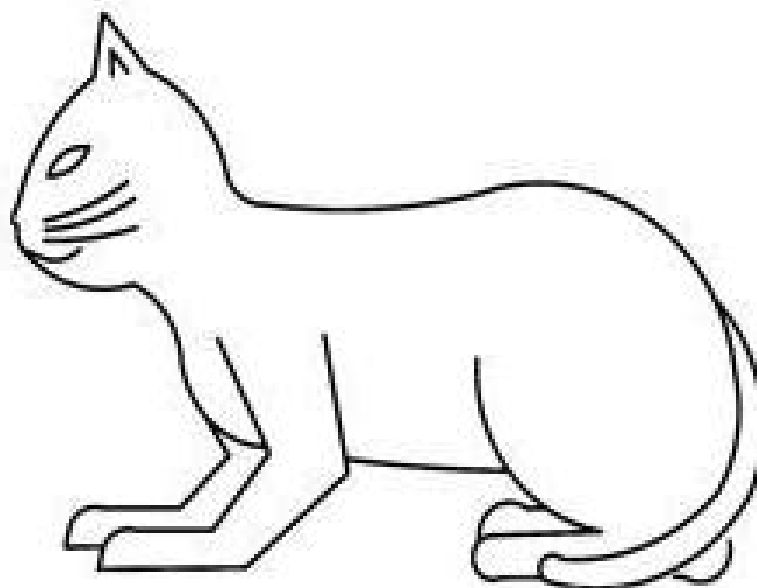
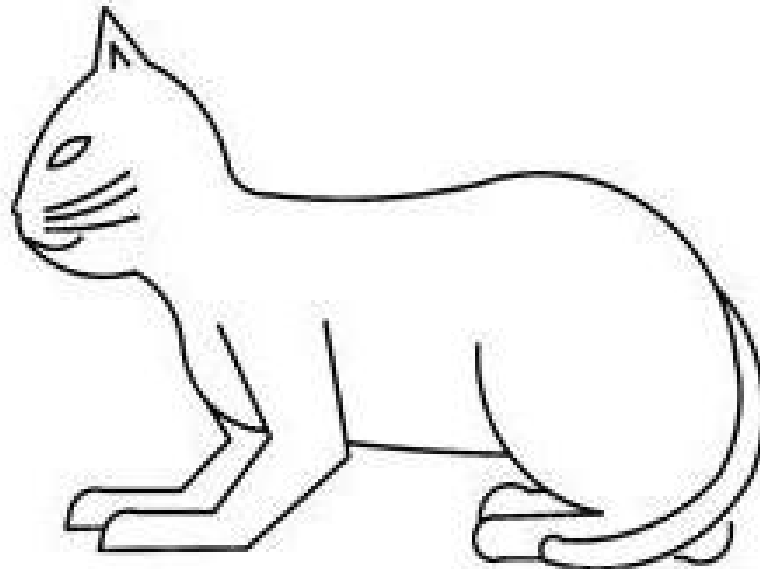
Légende. D, hémisphère droit; H, hémorragique; I, ischémique

1.1.2. Matériel

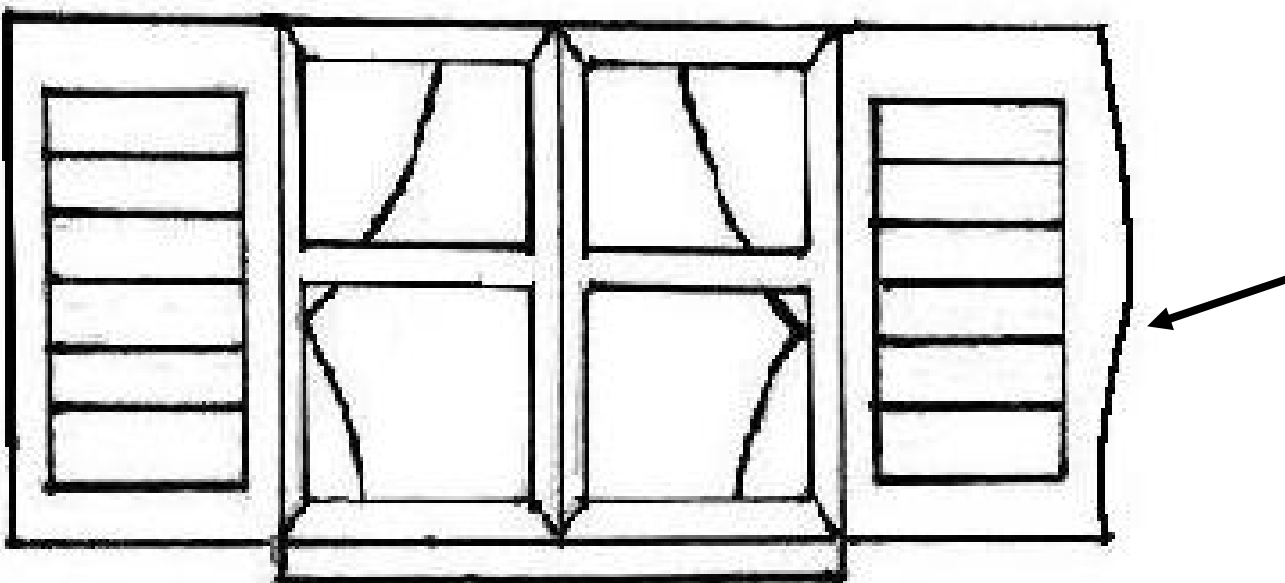
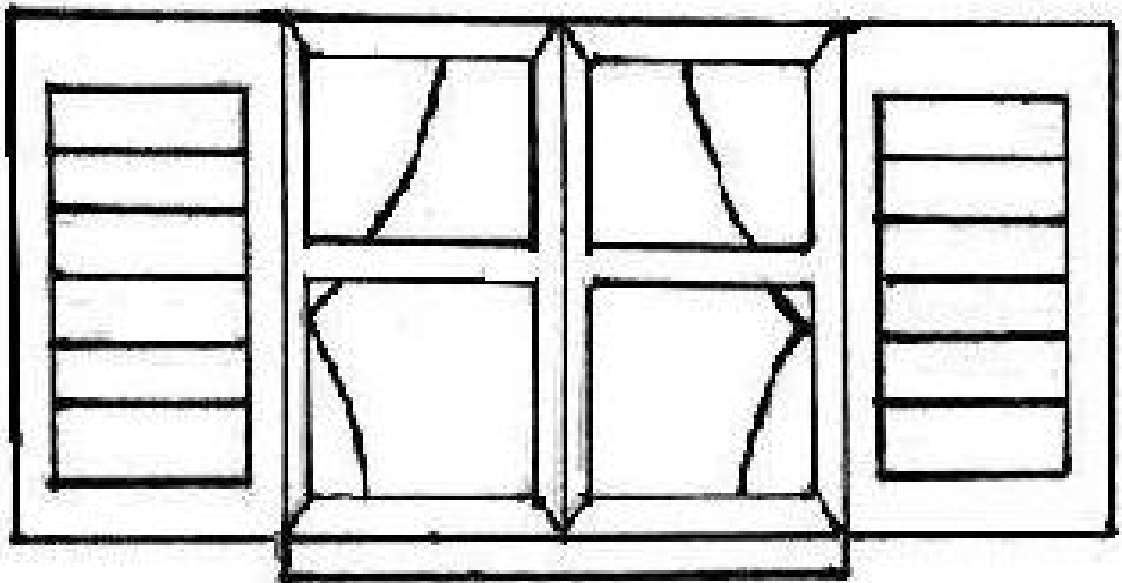
Deux dessins figuratifs, en noir sur fond blanc, étaient présentés verticalement, et séparés d'un trait, sur une feuille de format A4. Les deux mêmes dessins étaient en fait présentés l'un au dessus de l'autre, sachant que l'un d'eux pouvait, ou non, contenir une distorsion graphique.

Il y avait au total 48 présentations, de deux dessins identiques, avec ou sans distorsion. Parmi ces 48 présentations de binômes, 16 comportaient une distorsion et 32 binômes étaient parfaitement similaires. La moitié des dessins détériorés était symétrique (ex : papillon, fauteuil, lunettes,...) et l'autre moitié, asymétrique, dont 8 étaient orientés vers la gauche (ex : caddie, camion,...) et 8 vers la droite (ex : brouette, canard,...). Concernant les 16 images détériorées, 8 étaient symétriques (ex : avion, fenêtre,...), et 8 asymétriques dont 4 orientées à gauche (ex : lame, chien,...) et 4 orientées à droite (ex : grenouille, château,...). La distorsion était appliquée soit à l'image du haut ou celle du bas, soit dans sa partie gauche soit dans sa partie droite.

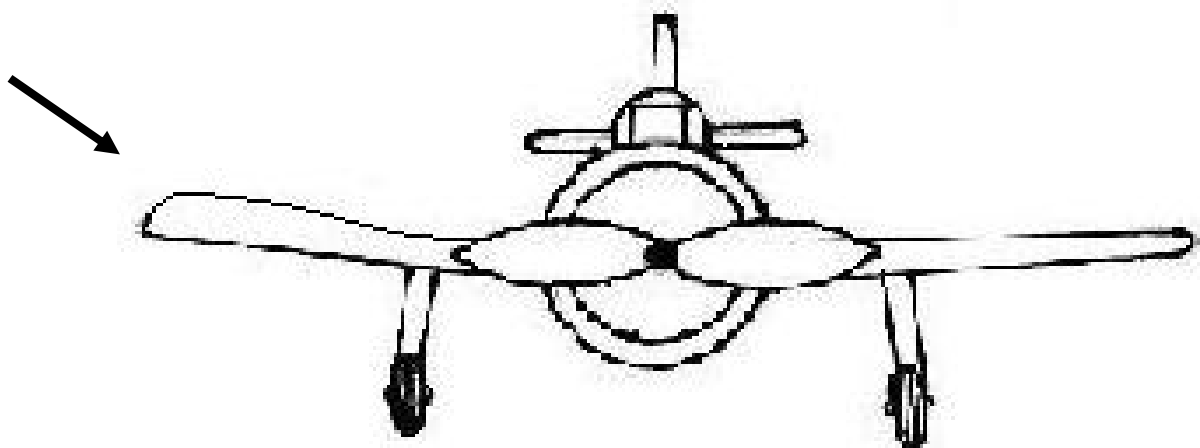
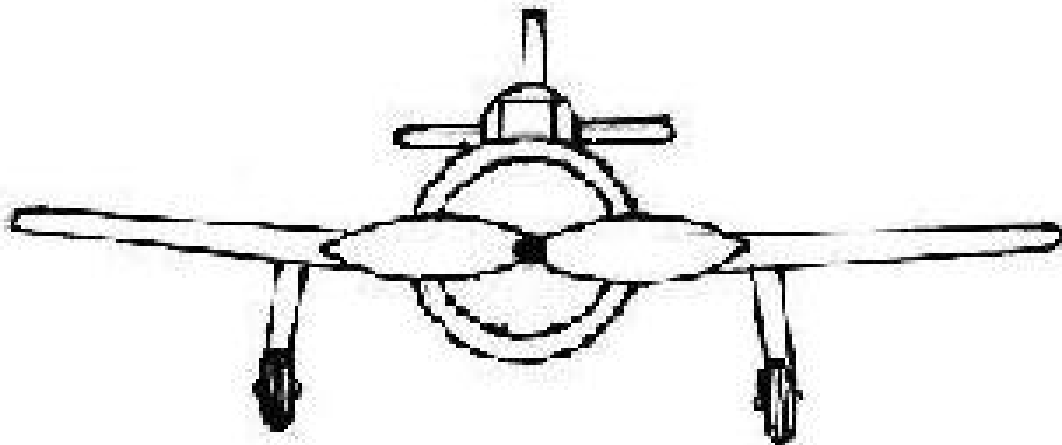
Exemple de figures identiques



Exemple de figures différentes : distorsion droite



Exemple de figures différentes : distorsion gauche



1.1.3. Procédure

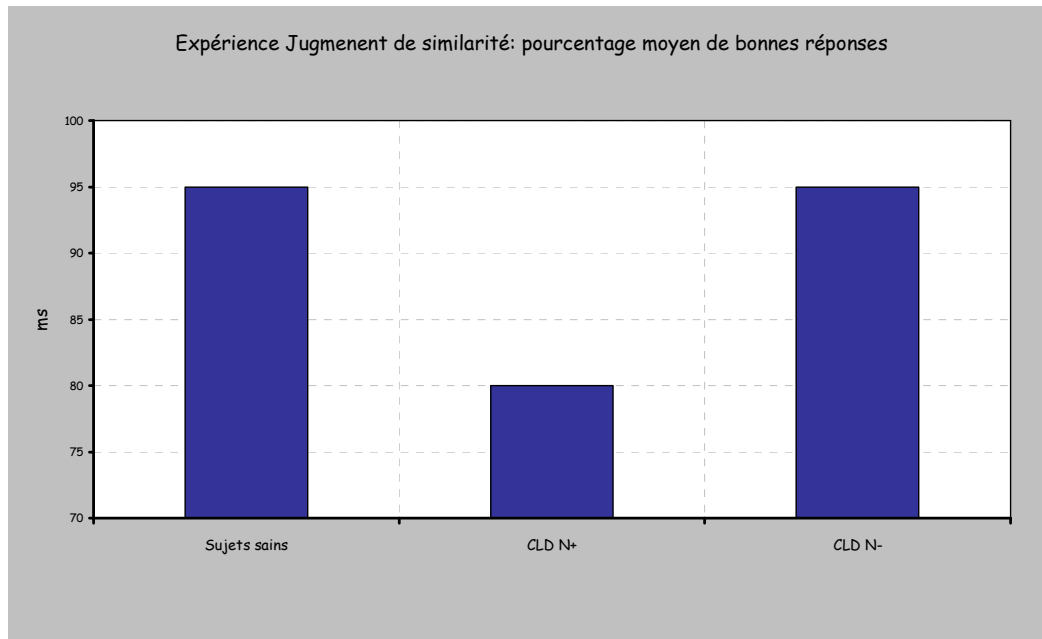
Les participants étaient confortablement assis en face de l'expérimentateur. Ce dernier présentait, bien en face du sujet, les 48 pages comportant les deux dessins, les uns après les autres. Les sujets devaient juger de la similarité des images, sans temps limite, en répondant « similaire » ou « différent ». L'expérimentateur proposait au sujet la page suivante dès que la réponse était fournie. Les 48 pages sont présentées successivement, sans pause.

1.1.4. Résultats

% moyens	Bonnes réponses	Erreurs de similarité	Fausse alarmes
Sujets sains	95	3	1,5
CLD N+	80	12,25	7,75
CLD N-	95	4	0,63

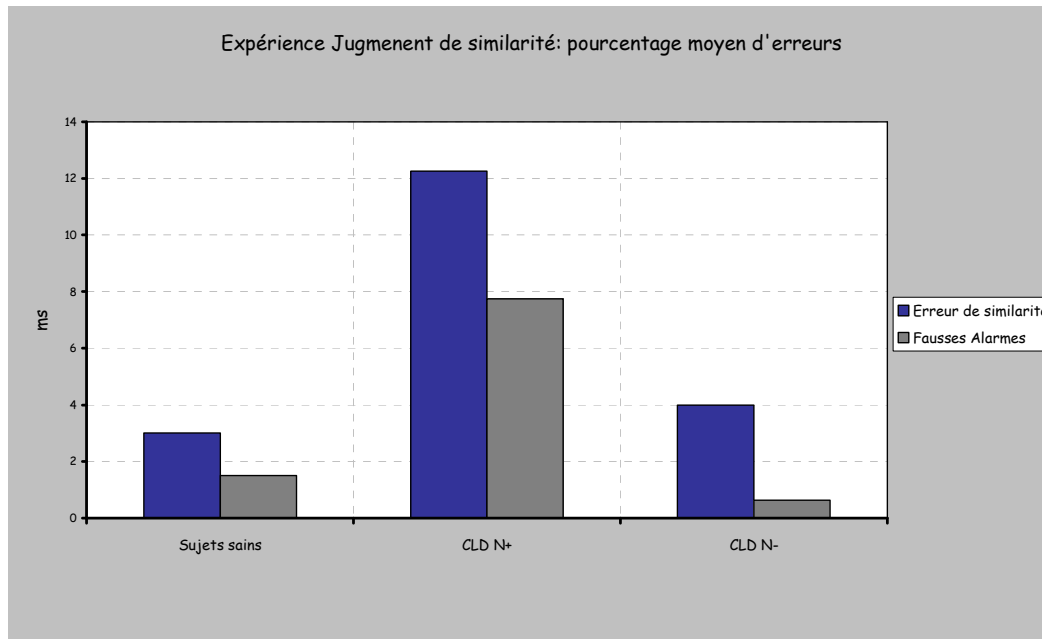
Table. Pourcentages moyens du nombre de bonnes réponses, du nombre d'erreurs de similarité et du nombre de fausses alarmes pour les sujets sains, les patients CLD N+ et CLD N-.

Tout d'abord, l'analyse de variance effectuée sur le pourcentage de bonnes réponses montre un effet principal du facteur Groupe ($F(2,45)=37,7$; $p<.0001$), traduisant des performances équivalentes pour les sujets sains et les patients CLD N- alors que les patients CLD N+ se détachent par leur mauvaise performance. Ce groupe de patients CLD N+ diffère en effet significativement de celui des sujets sains ($F(1,45)=57,01$; $p<.0001$) comme des patients CLD N- ($F(1,45)=56,1$; $p<.0001$).



Ensuite, l'analyse de variance appliquée aux pourcentages d'erreurs met en évidence un effet principal du facteur Groupe ($F(2,45)=36,34$; $p<.0001$), avec de nouveau des performances comparables pour les sujets sains et les patients CLD N- et un plus fort pourcentage d'erreurs pour les patients CLD N+. Il existe par ailleurs un effet du facteur Erreur ($F(1,45)=7,5$; $p<.01$), se caractérisant par une plus grande quantité d'erreur de similitude que de fausses alarmes.

La réalisation de comparaisons planifiées confirme la différence significative entre le groupe des patients CLD N+ et celui des sujets sains ($F(1,45)=54,96$; $p<.0001$) ainsi que celui des patients CLD N- ($F(1,45)=54,07$; $p<.0001$). Par ailleurs, on observe que les patients CLD N+ sont les seuls participants à obtenir une différence significative entre les deux types d'erreurs possibles ($F(1,45)=5,19$; $p<.05$), avec davantage d'erreur de similitude que de fausses alarmes. Non seulement les patients CLD N+ produisent plus d'erreurs de similitude que les deux autres groupes de participants (sains : $F(1,45)=36,36$; $p<.0001$; CLD N- : $F(1,45)=28,9$; $p<.0001$) mais ils fournissent également davantage de fausses alarmes (sains : $F(1,45)=10,46$; $p<.01$; CLD N- : $F(1,45)=13,59$; $p<.001$).



Il nous a paru enfin intéressant d'effectuer une ANOVA sur le pourcentage d'erreurs de détection de distorsions en fonction de l'application gauche ou droite de la distorsion visuelle. Il apparaît alors un effet du facteur Groupe ($F(2,45)=20,19$; $p<.0001$) ainsi qu'un effet du facteur Côté ($F(1,45)=27,08$; $p<.0001$), avec un plus grand nombre d'absence de détection des distorsions gauches. Les patients CLD N+ sont les seuls à présenter une différence significative entre les difficultés à détecter des distorsions gauches et droites ($F(1,45)=59,21$; $p<.0001$).

1.1.5. Discussion

Durant cette épreuve de jugement de similarité contenant différentes figures avec ou sans distorsions, les patients négligents ont produit moins de bonnes réponses que les patients cérébro-lésés sans négligence ainsi que les sujets sains. Il faut souligner que les patients négligents sont les seuls à être déficitaires puisque les patients sans négligence ne diffèrent pas des sujets sains. Ainsi, les patients négligents produisent davantage d'erreurs que les autres participants. Compte tenu de la symptomatologie de la négligence, il n'est pas surprenant d'observer un grand nombre d'erreurs se caractérisant par l'absence de détection des distorsions gauches, au niveau de l'hémiespace négligé. A cela s'ajoute la production d'erreurs au sein de l'hémiespace ipsilésionnel, signifiant un trouble attentionnel dirigé vers le côté gauche mais affectant également, dans une moindre mesure, la détection de distorsions

au niveau du côté droit. Cette constatation corrobore les hypothèses d'une altération attentionnelle bilatérale chez les patients négligents.

Concernant la nature des erreurs produites, il est intéressant d'observer que les patients négligents sont les seuls à percevoir des différences inexistantes entre deux figures identiques. Ce résultat est très particulier puisqu'il corrobore notre hypothèse d'un trouble de la perception, chez les patients négligents, de type absence d'invariant. Le fait que les patients négligents perçoivent des distorsions entre deux figures n'en possédant pas, implique bien que leur réception de l'information visuelle est incorrecte et ne correspond pas à la réalité présentée. Nous pouvons donc supposer que leur perception est variable, et qu'ils ont donc une perception biaisée de leur environnement visuel.

Il est également intéressant de constater que les patients négligents sont les seuls à produire ce type d'erreur, c'est-à-dire que des patients ayant subi une lésion cérébrale droite n'entraînant pas de négligence se distinguent n'obtiennent pas le même profil d'erreur. Ainsi, ces derniers ne sont pas sujets aux fausses perceptions de distorsions visuelles. On peut donc en conclure ce type de biais perceptif serait spécifique à la négligence.

Cette expérience avait donc pour but d'observer le comportement des patients négligents lors d'une tâche de jugement de similarité de différentes figures. Afin d'isoler toute source de variation inhérente au matériel proposé, il nous a paru important de construire un protocole expérimental n'utilisant qu'une seule et même figure. Ceci nous permet de réduire les éventuelles variations perceptives et de fait de favoriser l'objectivation d'erreurs perceptives, sur ce matériel constant. La passation d'un tel protocole nous permettra finalement de vérifier si un matériel invariant induit la disparition de ces distorsions illusoires, et donc de la variabilité perceptive.

1.2. Expérience 7- Jugement de similarité de figures constantes -

1.2.1. Sujets

Un groupe de 15 patients atteints d'une lésion hémisphérique droite a été constitué sur la base de la présence d'une négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N+). Ce groupe de sujet compte 8 femmes et 7 hommes, avec une moyenne d'âges de 62,8 ans (de 43 à 76 ans). A ce groupe s'ajoute une cohorte de 15 patients également cérébro-lésés droits mais sans signe de négligence spatiale unilatérale gauche (CLD N-), dont 7 femmes et 8 hommes, avec une moyenne d'âges de 66,53 ans (distribution des âges de 46 à 78 ans). Les informations démographiques et cliniques des patients sont présentées dans le tableau 2. Les résultats d'imagerie cérébrale (IRM ou Scanner) ont été utilisés pour déterminer la localisation et l'étendue des lésions. L'évaluation neuropsychologique de la négligence s'est effectuée grâce à la BEN (Azouvi et al., 2002), qui correspond à une batterie standardisée de tests cognitifs. Nous nous sommes assurés qu'aucun des patients ne présentait d'hémianopsie associée à la négligence, en leur proposant un champ visuel de Goldmann.

Le groupe de sujets contrôles, droitiers et sans déficit neurologique, est constitué de 15 sujets dont 9 femmes et 6 hommes, avec une moyenne d'âges de 64,5 ans (de 53 à 80 ans). Nous avons obtenu le consentement de tous les participants, en accord avec la déclaration d'Helsinki.

Table 16. Caractéristiques cliniques et démographiques des patients cérébro-lésés

Patients	Genre	Age (années)	Intervalle lesion-test (jours)	Site et nature lésion
Patients négligents				
1	Femme	75	58	D temporo-parietal (I)
2	Homme	59	375	D fronto-pariétal (H)
3	Femme	75	137	D temporo-pariétal (I)
4	Homme	43	288	D thalamique et capsulaire (H)
5	Femme	76	42	D temporo-pariétal (I)
6	Homme	67	42	D temporo-pariétal (I)
7	Homme	54	244	D thalamique et capsulaire (H)
8	Homme	53	19	D temporo-pariétal (I)
9	Femme	66	172	D temporo-pariétal (I)
10	Femme	57	94	D capsule-lenticulaire et thalamique (H)
11	Homme	64	33	D fronto-pariétal (I)
12	Femme	69	42	D thalamique et capsulaire (I)
13	Femme	55	62	D capsule interne (H)
14	Femme	65	34	D temporo-pariétal (I)
15	Homme	64	91	D capsulo-lenticulaire (I)
Patients cérébro-lésés droits				
1	Femme	70	44	D capsule interne (I)
2	Homme	72	25	D temporal (I)
3	Homme	65	10	D temporo-pariétal (H)
4	Femme	72	30	D fronto-temporal (I)
5	Femme	68	15	D jonction temporo-pariéto-occipitale (I)
6	Femme	70	46	D ganglions de la base (I)
7	Femme	64	30	D temporo-parietal (H)
8	Homme	65	19	D temporo-parietal (I)
9	Homme	69	93	D noyau lenticulaire, caudé et bras antérieur capsule (I)
10	Homme	70	52	D pariétal (H)
11	Femme	78	30	D noyau lenticulaire et caudé (I)
12	Femme	67	10	D région rolandique (I)
13	Homme	69	27	D capsule-thalamique (I)
14	Homme	53	120	D frontal (H)
15	Homme	46	74	D thalamique (H)

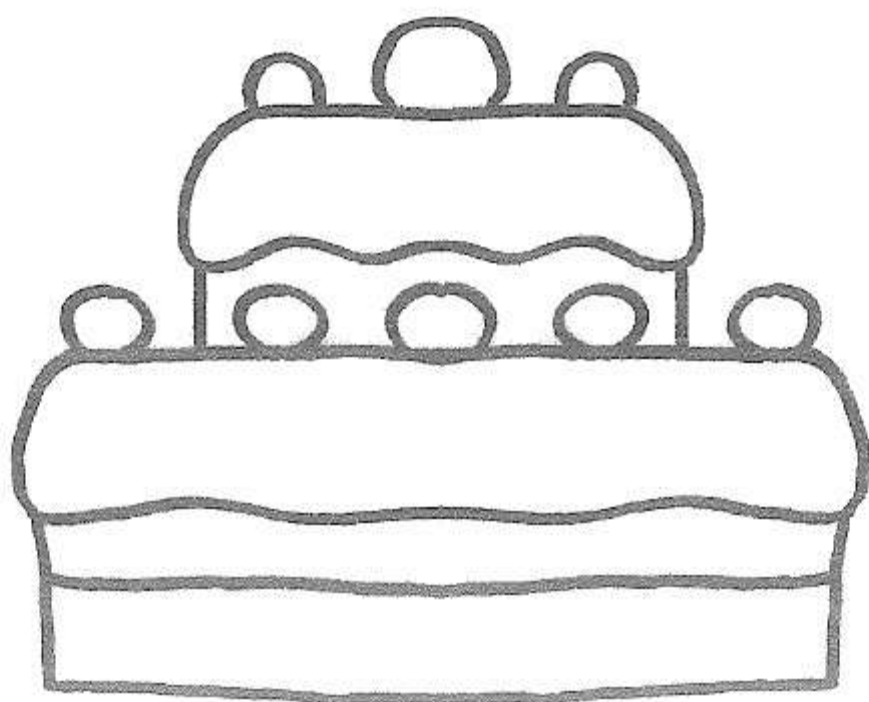
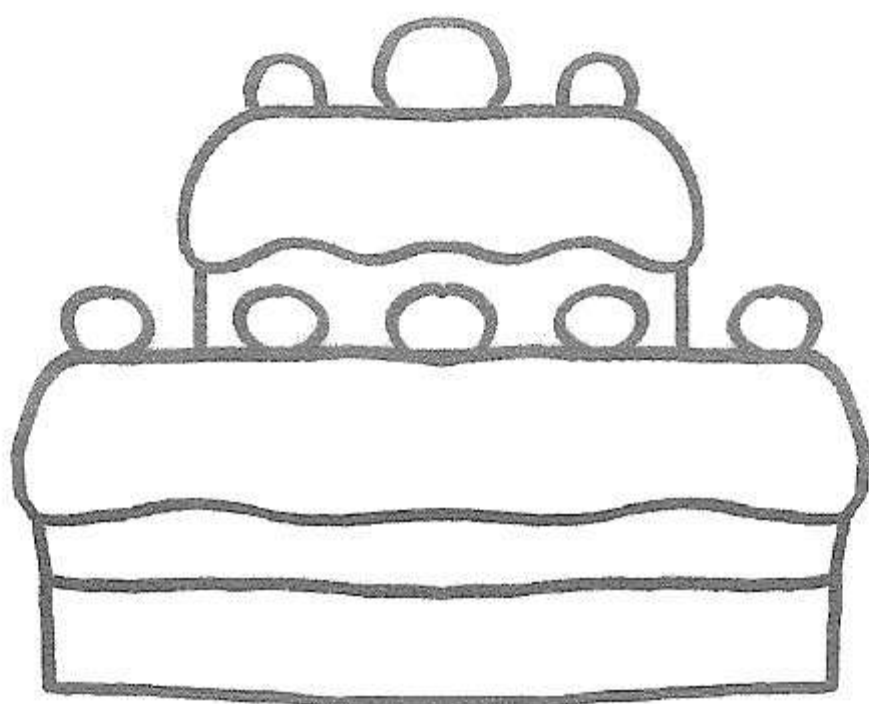
Légende. D, hemisphere droit; H, hémorragique; I, ischémique

1.2.2. Matériel

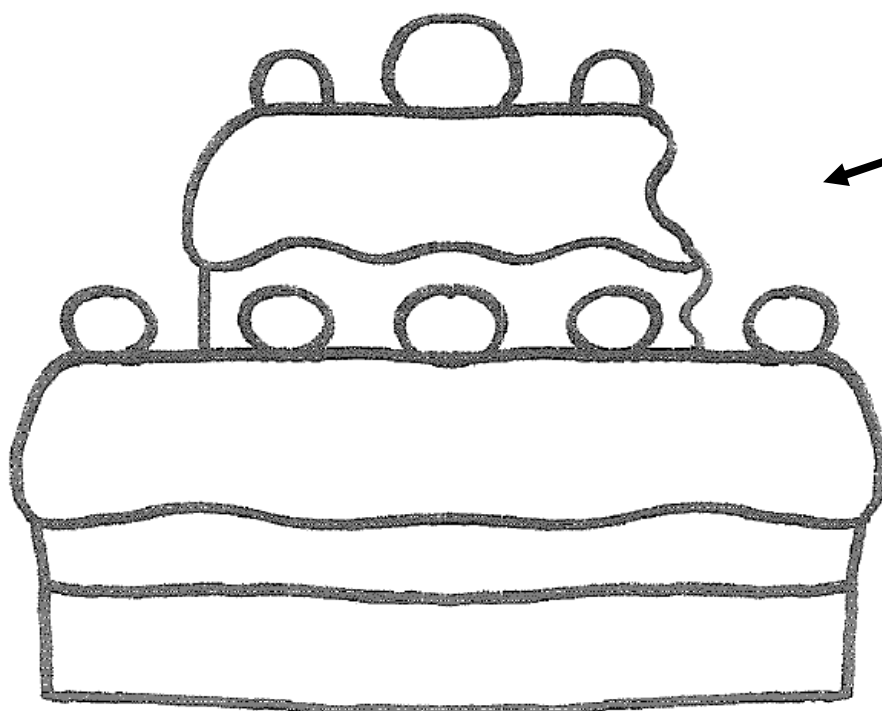
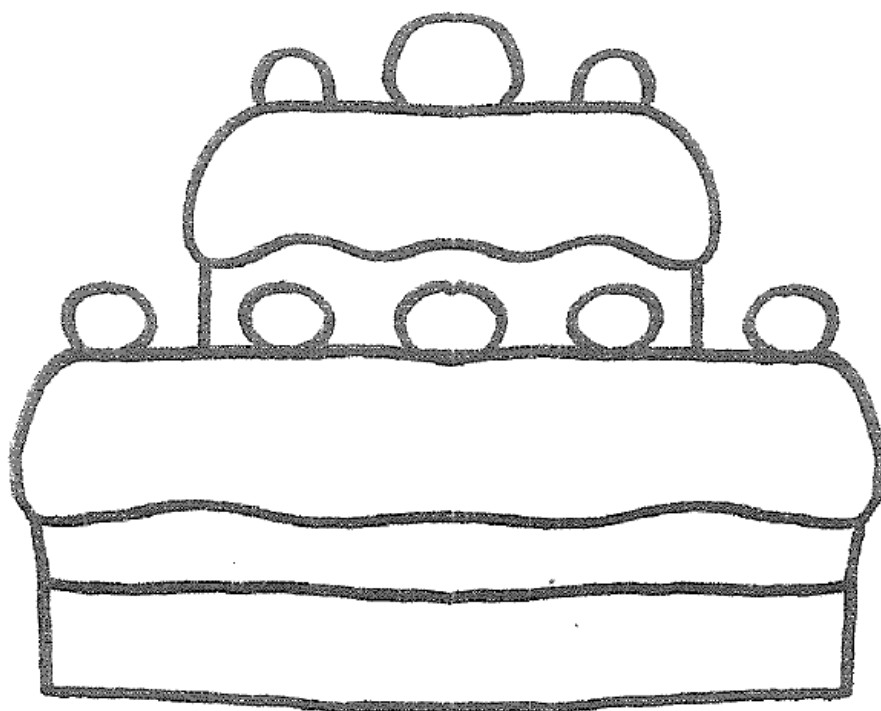
Seul un dessin symétrique de gâteau était utilisé pour ce protocole. Comme pour l'expérience précédente, deux images de ce même gâteau étaient présentées verticalement sur une feuille blanche A4, séparées d'un trait. Les deux mêmes dessins étaient en fait présentés l'un au dessus de l'autre, sachant que l'un d'eux pouvait, ou non, contenir une distorsion graphique.

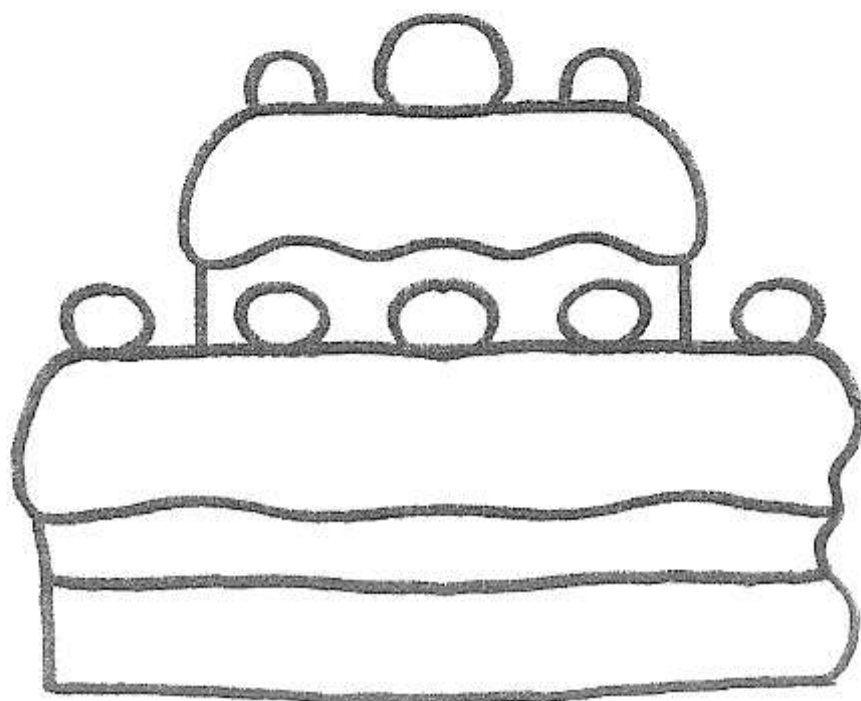
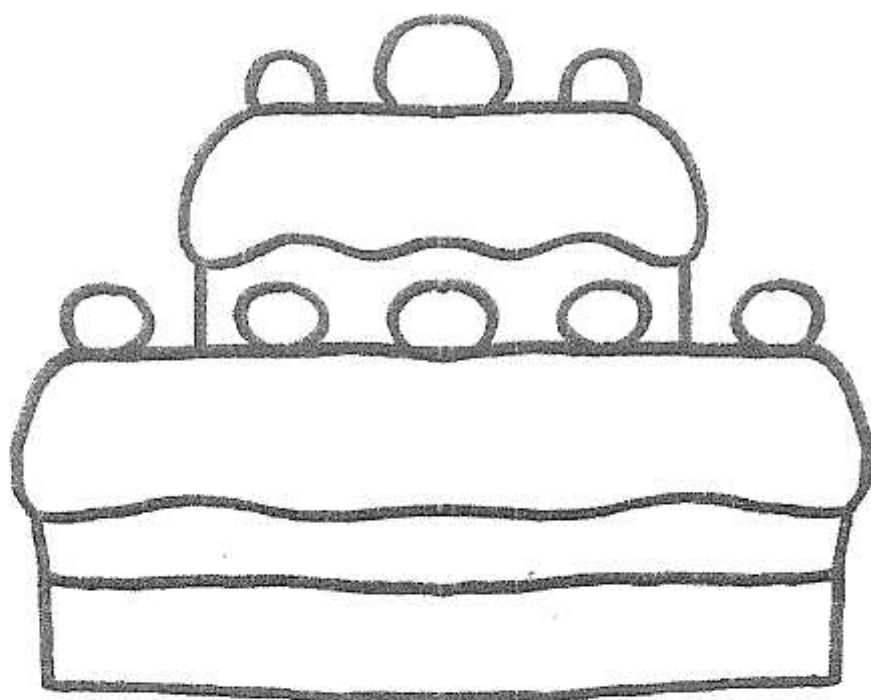
Il y avait au total 48 présentations, de deux dessins identiques, avec ou sans distorsion. Parmi ces 48 images, 24 étaient détériorées, soit l'image du haut, pour la moitié, soit l'image du bas de la feuille. La distorsion était appliquée, soit dans sa partie gauche soit dans sa partie droite, et soit dans la partie haute soit basse du gâteau.

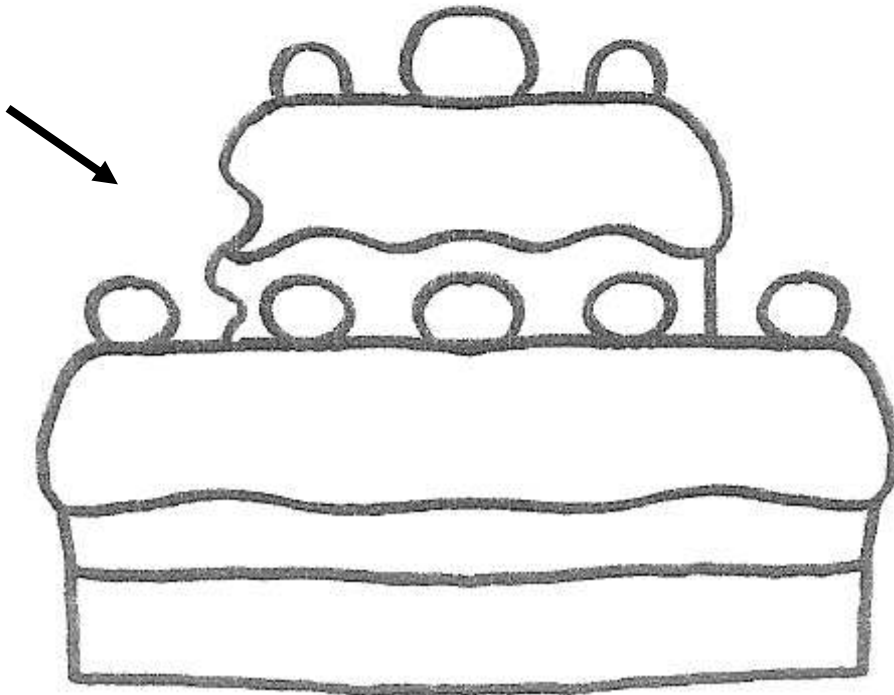
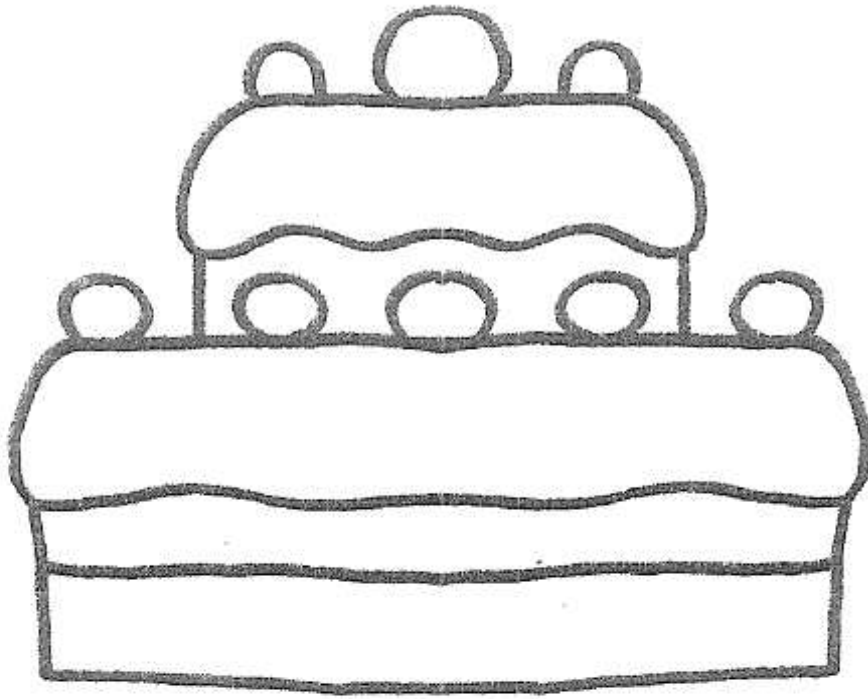
Gâteaux identiques :

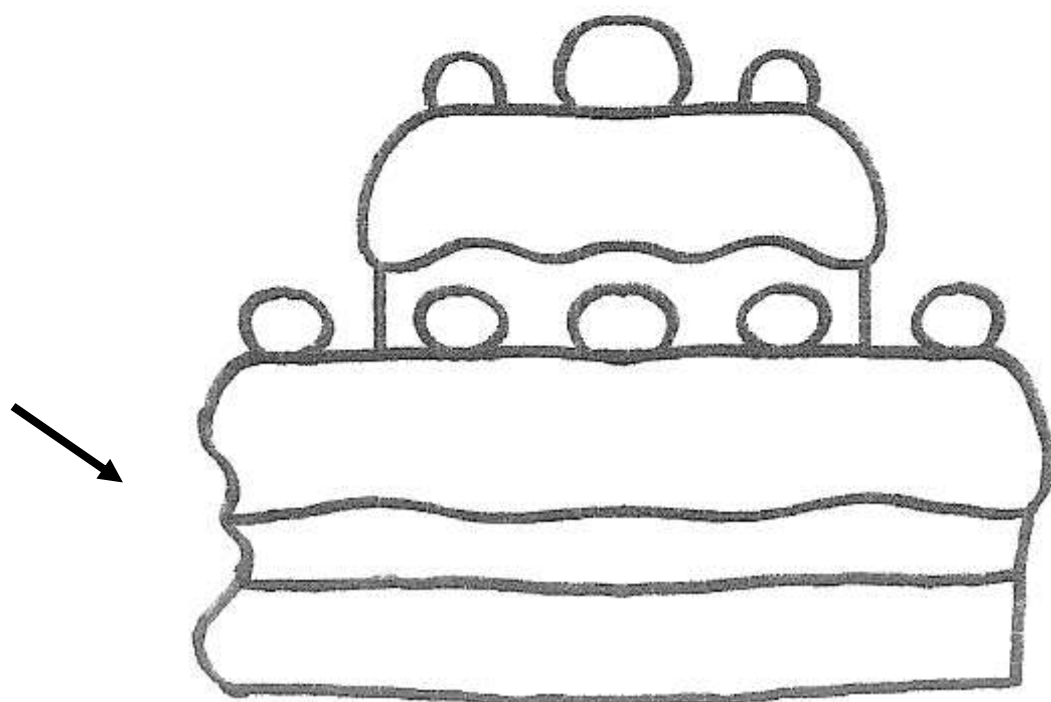
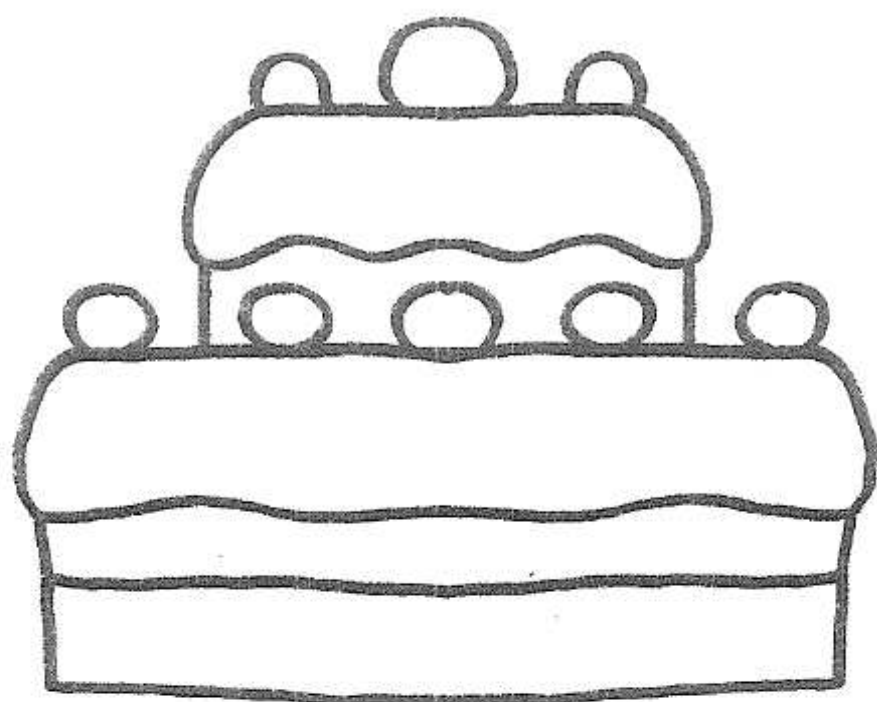


Gâteaux présentant les quatre types de distorsions :









1.2.3. Procédure

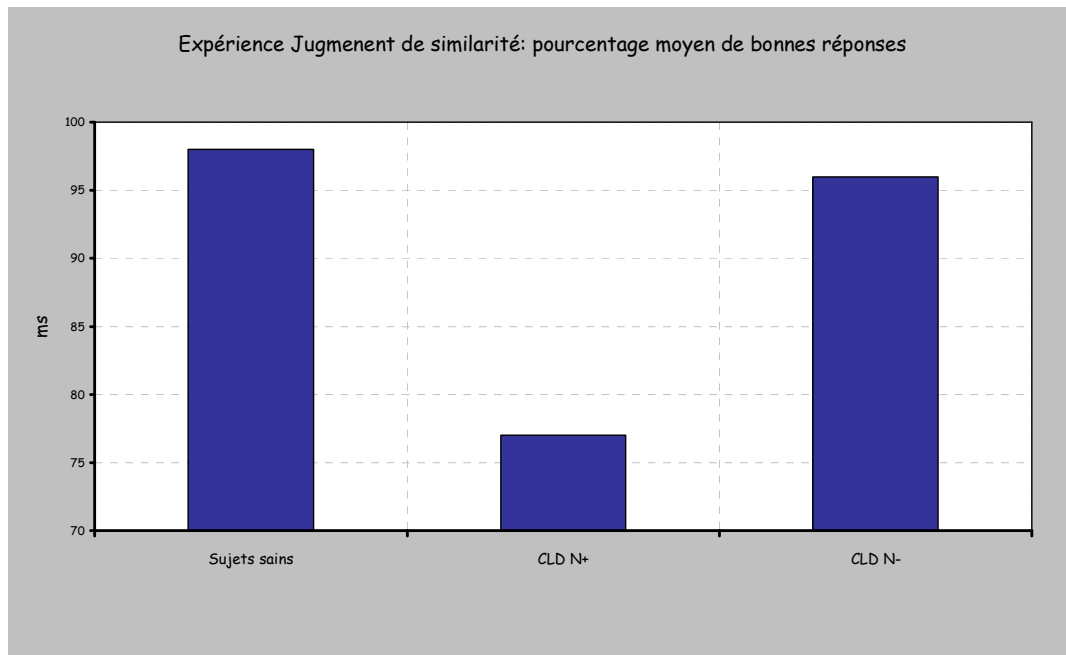
Les participants étaient confortablement assis en face de l'expérimentateur. Ce dernier présentait, bien en face du sujet, les 48 pages comportant les deux dessins, les unes après les autres. Les sujets devaient juger de la similarité des images, sans temps limite, en répondant « similaire » ou « différent ». L'expérimentateur proposait au sujet la page suivante dès que la réponse était fournie. Les 48 pages sont présentées successivement, sans pause.

1.2.4. Résultats

% moyens	Bonnes réponses	Erreurs de similarité	Fausse alarmes
Sujets sains	98	1,33	0,27
CLDN N+	77	15,53	6,13
CLDN N-	96	3,2	0,93

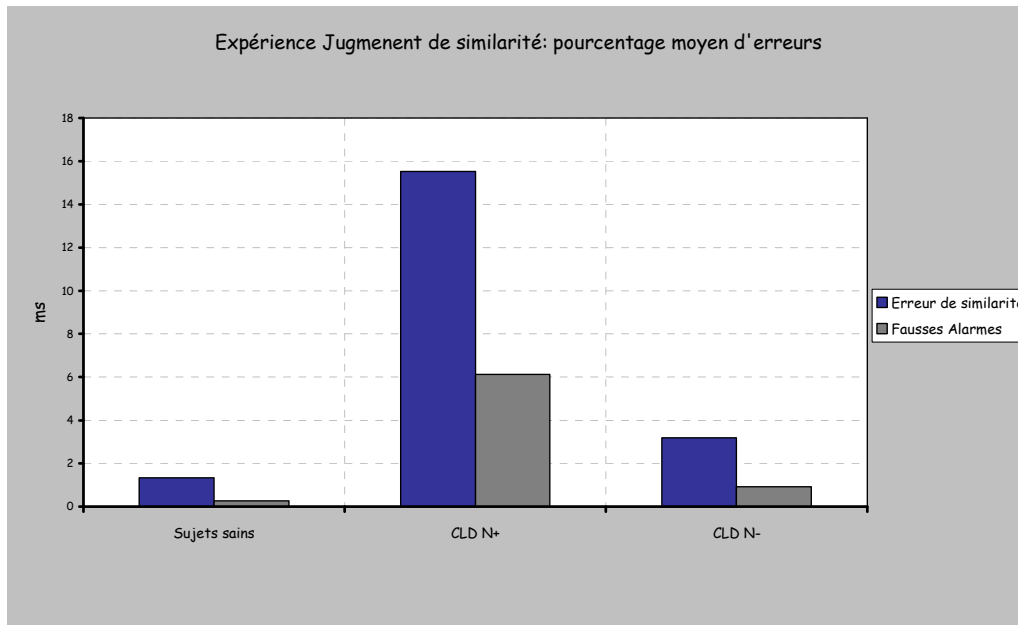
Tableau 17. Pourcentages moyens du nombre de bonnes réponses, du nombre d'erreurs de similarité et du nombre de fausses alarmes pour les sujets sains, les patients CLD N+ et CLD N-.

Tout d'abord, l'analyse de variance portant sur le pourcentage de bonnes réponses pointe un effet principal du facteur Groupe ($F(2,42)=32,79$; $p<.0001$), où les patients CLD N+ se révèlent significativement moins performants que les sujets sains ($F(1,42)=54,36$; $p<.0001$) ainsi que des patients CLD N- ($F(1,42)=43,39$; $p<.0001$).



Ensuite, l'ANOVA effectuée sur les pourcentages d'erreurs montre un effet principal du facteur Groupe ($F(2,42)=33,9$; $p<.0001$), et du facteur Erreur ($F(1,42)=14,26$; $p<.001$). Il existe également une interaction Groupe x Erreur ($F(2,42)=5,35$; $p<.01$).

La réalisation de comparaisons planifiées nous permet de voir que là encore les patients CLD N+ se distinguent significativement des autres participants (sains : $F(1,42)=57,17$; $p<.0001$ et CLD N- : $F(1,42)=43,65$; $p<.0001$) par leur plus grand nombre d'erreurs. Les patients CLD N+ produisent davantage d'erreurs de similitude que de fausses alarmes ($F(1,42)=23,32$; $p<.0001$). Au niveau des erreurs de similitude, on retrouve le déficit significatif des patients CLD N+ comparativement aux deux autres groupes de participants (sains : $F(1,42)=47,2$; $p<.0001$; CLD N- : $F(1,42)=35,61$; $p<.0001$). Il est enfin intéressant de noter que les patients CLD N+ sont les seuls à fournir autant de fausses alarmes (sains : $F(1,42)=11,32$; $p<.01$; CLD N- : $F(1,42)=8,89$; $p<.01$).



Enfin, une analyse de variance est effectuée sur un type d'erreur : l'absence de détection des distorsions afin d'évaluer un éventuel effet du côté d'application de la distorsion. On observe alors un effet du facteur Groupe ($F(2,42)=26,05$; $p<.0001$), ainsi que du facteur Côté ($F(1,42)=21,48$; $p<.0001$), avec davantage d'erreur pour une application gauche des distorsions graphiques. Les patients CLD N+ se révèlent être les seuls à faire preuve d'une différence gauche/droite significative ($F(1,42)=87,33$; $p<.0001$), signifiant davantage d'absence de détection des distorsions gauches.

1.2.5. Discussion

La réalisation de cette deuxième expérience utilisant cette fois une figure invariante (gâteau), confirme la spécificité des patients négligents objectivée lors de la première expérience, en terme de nombre et de profil d'erreurs. En effet, les patients négligents représentent le groupe de sujets le moins performant mais ces patients sont également les seuls à percevoir des distorsions là où il n'y en a pas. Il est intéressant de souligner que de distorsions 'illusoires' sont perçues même lorsque les potentielles sources de variation sont contrôlées puisque ce sont toujours les mêmes dessins qui sont présentés. Les résultats de cette étude prouvent donc de nouveau que la perception d'une simple figure est perturbée chez les patients négligents.

Notons enfin que l'on retrouve, comme attendue, une latéralisation gauche du nombre d'erreurs chez les patients négligents.

2. Discussion générale

2.1. Trouble du jugement de similarité morphologique chez les patients négligents gauches

Les deux types de protocoles expérimentaux, comprenant différentes figures ou alors le même dessin pour l'ensemble de l'expérience, ont induit les mêmes résultats. On ne retient donc pas de variations des performances inhérentes au matériel proposé. Il ressort prioritairement de ces études que les patients négligents sont déficitaires pour juger de la similarité de deux images pourtant objectivement identiques ou différentes. Les protocoles expérimentaux étaient construits de façon à introduire ou non une distorsion physique soit dans la partie gauche des figures soit dans leur partie droite. Les patients négligents n'ont pas perçu ces altérations de l'image surtout lorsqu'elles étaient appliquées à la partie gauche des figures ; ils ont alors jugé les paires de figures similaires lorsque l'une d'entre elle était différente de l'autre dans sa partie gauche. Ce profil d'erreurs est tout à fait congruent avec la sémiologie de la négligence, qui se caractérise par un trouble des capacités à détecter des stimuli présentés au niveau de l'hémiespace gauche (Heilman, Watson et Valenstein, 1993). Cette condition expérimentale de notre protocole expérimental s'assimile aux épreuves d'évaluation clinique de la négligence s'appuyant exclusivement sur les aspects visuo-perceptifs de la pathologie. On peut citer l'illusion optique de Wundt-Jastrow dont la figure géométrique est composée de deux secteurs circulaires de dimensions rigoureusement identiques, mais disposés l'un au dessus de l'autre de telle sorte que l'un des deux paraît plus long. Ainsi l'illusion prend sa source de façon unilatérale, ce qui explique que ce test présente un intérêt pour l'étude des troubles unilatéraux de la perception de l'espace. Massironi et al. (1988) modifient la figure en opérant des manipulations dans l'espace (gauche/droit, haut/bas). Ces manipulations ont pour but de diminuer ou de renforcer l'illusion optique. Les auteurs observent que les patients cérébro-lésés droits avec négligence donnent des réponses inattendues, c'est-à-dire non conformes à l'illusion optique.

Nous avons donc vu que les patients négligents ont produits deux types d'erreur : l'absence de détection des distorsions sur des figures différentes, qui sont par la-même jugées similaires, ainsi que la fausse perception de distorsions sur des figures identiques, qui sont par là-même jugées différentes. Ces erreurs sont déterminantes pour la compréhension de la

négligence puisqu'elles lui sont spécifiques et qu'elles traduisent un manque d'invariant dans la perception visuelle.

2.2. Perte d'invariant perceptif dans la NSU gauche ?

L'élément le plus intéressant pour notre recherche réside dans la production des nombreuses fausses détections de différences entre les figures similaires chez les patients négligents, exclusivement. En effet, ces patients se sont avérés être les seuls à percevoir des différences entre des figures identiques. Ils décrivaient parfois des sensations évasives de variations perceptives sans pouvoir identifier clairement l'emplacement ni la nature de la différence, tout en gardant la certitude d'une dissemblance. En fait, les patients négligents ont le plus souvent rapporté des impressions d'accentuation de certaines courbes et/ou de variations dans l'étendue de certaines formes (ex, des espaces plus ou moins larges). Ce type de réponses s'est donc montré spécifique des patients négligents et traduit potentiellement des variations au niveau de la construction de la représentation de l'information visuelle à traiter.

On peut s'interroger sur la nature explicite ou alors implicite de la perception de ces distorsions. En effet, les patients négligents ont-ils émis leur jugement suite à une perception non verbalisable ou alors ont-ils explicitement perçu des variations morphologiques au sein des paires d'images ? L'observation qualitative montre que, dans la majorité des cas, les patients décrivaient des distorsions de formes, qui semblaient donc perçues en toute conscience. Néanmoins, il faut noter que ces descriptions étaient rarement spontanées, et que c'est sur sollicitations que les patients identifiaient les variations. On peut donc ici formuler l'hypothèse d'une forme de perception explicite induite par les questions orientées. Il s'agit là d'une question intéressante à approfondir ; de prochaines recherches pourraient essayer de mesurer le degré de conscience des patients durant une telle épreuve de jugement de similarité.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que ce type de biais perceptif est résistant puisqu'il se maintient même lorsque les sources de variabilité sont réduites. En effet, la répétition d'une même figure n'a pas permis la disparition des erreurs perceptives et notamment pas des fausses perceptions de distorsions. En somme, nous avons cherché à comprendre la perception des patients négligents en utilisant une simple épreuve visuo-perceptive de jugement de similarité. Il s'avère que ces patients manifestent un comportement pathologique même pour la tâche la plus simple, c'est-à-dire minimisant la variation des éléments visuo-perceptifs à traiter. Les résultats de ces études confirment nos suppositions concernant le manque de

constance dans la perception de ces patients puisqu'ils perçoivent des variations visuelles là où les stimuli sont invariants. Nous observons donc que la négligence spatiale a la spécificité d'impliquer une atteinte du simple traitement visuo-perceptif et manifeste une perception erronée et variable des stimuli visuels.

2.3. Trouble de l'orientation exogène et analyse perceptive

On peut interpréter le comportement des patients négligents en termes de trouble de l'orientation exogène de l'attention dans la mesure où ces patients ne sont pas attirés par la présence d'une distorsion visuelle au niveau de l'hémiespace gauche surtout. Il est d'ailleurs d'usage dans la littérature récente d'évoquer davantage une altération du mécanisme d'orientation exogène de l'attention plutôt qu'un déficit du mécanisme endogène des mouvements attentionnels (Bartolomeo, Siéoff, Decaix, & Chokron, 2001; Gainotti, 1996; Ladavas, 1993; Ladavas, Carletti, & Gori, 1994; Luo, Anderson, & Caramazza, 1998; Natale, Posteraro, Prior, & Marzi, 2005; Smania et al., 1998). Néanmoins, compte tenu de la nature de libre exploration de cette tâche, c'est-à-dire une tâche d'exploration exhaustive et intentionnelle, il semble également possible d'envisager un déficit de l'orientation endogène de l'attention visuelle. En effet, les patients négligents ne dirigent pas ici volontairement leur attention vers l'hémiespace gauche de façon suffisante, alors qu'ils ont le temps d'effectuer des mouvements d'exploration visuo-spatiale et surtout qu'ils sont à la recherche de différences entre les deux figures présentées. Les mouvements d'orientation endogène de l'attention ne s'avèrent donc pas suffisamment efficaces pour permettre une exploration libre intégrée de la scène visuelle présentée.

Par ailleurs, il s'avère opportun d'exclure une hypothèse de trouble agnosique dans l'interprétation de ce pattern de performances. En effet, les patients négligents ne manifestent pas d'authentique trouble de la reconnaissance des images présentées visuellement. Ils se montrent capables de les identifier isolément mais c'est bien leur comparaison qui fait défaut et est source d'erreurs.

Dans nos expériences, les patients négligents ne manifestent pas une perception explicite des dissemblances lorsqu'ils jugent différentes des figures identiques. On observe donc ici un comportement équivoquant celui du patient négligent de l'étude de Marshall et Halligan (1988) qui a perçu similaires deux figures différentes (une maison intégrée et une maison en feu) en

préférant toutefois vivre dans la maison sans feu. Les auteurs ont alors avancé l'hypothèse d'une perception implicite des flammes. Lorsqu'on les interroge, nos patients négligents ont des difficultés à verbaliser la nature des distorsions visuelles qui les mènent à émettre un jugement de dissemblance, d'où la nature peu explicite de leur perception. En revanche, nos résultats diffèrent de ceux de Marshall et Halligan (1988), dans la mesure où nos patients ont en fait une fausse perception implicite. Ils ont en d'autres termes un faux sentiment que les figures diffèrent puisqu'elles sont réellement identiques.

2.4. Un trouble non latéralisé ?

Non seulement les patients négligents se sont montrés plus déficitaires que les autres groupes de participants pour effectuer ces jugements de similarité au niveau de leur hémiespace gauche, habituellement négligé, mais ils se sont également révélés moins performants que les contrôles pour détecter les distorsions au niveau de leur hémiespace droit, ipsilésionnel. Ces résultats soutiennent les hypothèses d'un trouble global de l'attention visuelle, affectant les deux hémiespaces (Marshall, Halligan, 1989 ; Robertson, Halligan, Bergego, 1994 ; Small, Cowey, Ellis, 1994 ; Bartolomeo et Chokron, 1999b).

Comme nous l'avons déjà vu plus haut, les patients négligents présentent un trouble de l'orientation exogène de l'attention au niveau de l'hémiespace gauche, auquel nous ajoutons un probable trouble de l'orientation endogène de l'attention, vu le défaut d'exploration libre des patients. Il a été montré qu'une perturbation de l'orientation attentionnelle en direction de l'hémiespace droit, c'est-à-dire ipsilésionnel, peut constituer un élément important de la négligence (Gainotti, D'Erme et Bartolomeo, 1991 ; Kinsbourne, 1993 ; Ladavas, 1993 ; Mattingley, Bradshaw, Nettleton et Bradshaw, 1994). Les résultats de notre étude nous permettent d'étendre le défaut supposé d'orientation endogène de l'attention à l'hémiespace droit, compte tenu de la production d'erreurs, également au niveau de cette hémiespace. Ainsi, le déficit bilatéral de l'orientation de l'attention spatiale est compatible avec l'hypothèse selon laquelle l'hémisphère droit intervient pour l'orientation de l'attention au niveau des deux hémiespaces (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy et Shulman, 2000 ; Heilman et Van der Abell, 1980 ; Mesulam, 1981 ; Perry et Zeki, 2000).

Au total, les résultats de ces deux expériences nous apportent un nouvel éclairage sur la nature des dysfonctionnements cognitifs à l'origine de la négligence. Il est en effet nouveau d'observer la variabilité de leur perception, même lorsqu'il est nécessaire d'émettre un jugement sur du matériel simple et constant. Ainsi, nous supposons que la perception des patients négligents est altérée par un manque d'invariant, générant alors une forme de chaos perceptif, responsable du trouble de l'orientation exogène de l'attention.

DISCUSSION GENERALE

I- Synthèse des résultats

Cette recherche, composée de 7 expériences, a donc pour but d'observer mais aussi de manipuler implicitement les mécanismes attentionnels de sujets sains et de patients cérébro-lésés droits souffrant ou non d'une négligence spatiale gauche.

Nous avons donc construit nos expérimentations sur la base de simples tâches de détection de cible sans usage d'indice ainsi qu'en situation de jugement de similarité. Les protocoles de détection de cibles ont été déclinés selon plusieurs versions en fonction des hypothèses établies. En effet, nous avons introduit des manipulations spatiales ou non dans la présentation des cibles à détecter ainsi que des distorsions visuelles dans les images à juger.

Une vision synthétique de tous les résultats obtenus nous montre tout d'abord qu'il est possible de perturber le comportement attentionnel des sujets sains. L'introduction d'une variabilité dans la probabilité spatiale d'apparition des cibles ajoutée à une variabilité des caractéristiques perceptives de ces mêmes cibles tend à déséquilibrer la distribution de l'attention spatiale chez les sujets sains. Ce déséquilibre se caractérise par une asymétrie gauche/droite pour l'allocation des ressources attentionnelles. Ainsi, le côté de présentation des cibles concerné par la variabilité sera celui des moins bonnes performances (en termes de temps de réaction pour l'expérience 2). La dissociation de ces deux facteurs perturbateurs (probabilité changeante et type de cible variable) objective par la suite des effets différents sur les performances des sujets sains. En effet, les manipulations de probabilité d'apparition spatiale des cibles (expérience 3) influencent la distribution attentionnelle gauche/droite, en termes de temps de réponses. Les manipulations dans l'aspect visuel des cibles (expérience 5) opèrent, quant à elles, une modification du comportement attentionnel des sujets sains en termes de constance de leurs réponses. En cas de haute probabilité spatiale, les performances sont améliorées et au contraire s'avèrent altérées pour une faible probabilité ainsi que pour des conditions de variabilité perceptive des cibles. On observe également un impact des habitudes de lecture, et donc de la directionnalité de l'exploration visuelle, sur la distribution attentionnelle des sujets (expérience 4), avec une plus importante sensibilité des sujets lecteurs de droite à gauche aux variations dans la probabilité d'apparition des cibles que les

lecteurs de gauche à droite. Les lecteurs de droite à gauche ont surtout été perturbés par une plus faible occurrence des cibles à gauche, alors que les lecteurs de gauche à droite ont quant à eux été davantage gênés par une faible occurrence des cibles à droite.

Ensuite, le groupe des patients négligents constitue le groupe le plus déficitaire, et ceci de façon systématique, qu'il s'agisse de leur vitesse de réaction aux stimuli ou de la constance de leurs réponses. Ce déficit majeur de détection des cibles est mis en évidence même en l'absence de toute manipulation expérimentale (condition 1), et se manifeste avec davantage de puissance au niveau de l'hémiespace gauche, mais également au niveau de l'hémiespace droit (expérience 1, 2, 3 et 5). Les patients cérébro-lésés droits négligents se révèlent sensibles aux variations de probabilité d'apparition des cibles (expérience 3) mais également aux modifications perceptives des cibles (expérience 5). Cependant, cette influence s'exprime uniquement en termes d'altération surajoutée des performances pour les conditions de variabilité, et pas d'amélioration du comportement attentionnel pour une haute probabilité d'apparition des cibles. Par ailleurs, les expériences 6 et 7 nous ont permis d'objectiver un comportement plutôt inhabituel et totalement spécifique aux patients négligents : des fausses perceptions altérant leur jugement de similarité. Sinon, il n'est pas surprenant de retrouver un biais des capacités visuo-perceptives se caractérisant par un manque d'efficacité à gauche. Enfin, nous pouvons noter que les patients cérébro-lésés droits sans négligence ne se comportent pas comme des patients négligents, que ce soit en terme de temps de réaction ou de constance des réponses fournies. Ils ne sont pas non plus sujets au même type d'erreurs que les négligents et ne fournissent notamment pas de fausses perceptions (expériences 6 et 7). Les patients cérébro-lésés droits sans négligence se distinguent en revanche des sujets sains par leur lenteur d'exécution des tâches (expérience 1, 2, 5).

Après cette récapitulation des principaux résultats de nos expériences, nous procédons désormais à leur interprétation dans le cadre des hypothèses attentionnelles ainsi qu'à l'exposé des implications pour la compréhension de la négligence spatiale unilatérale.

II- Mécanismes exogène vs endogène d'orientation de l'attention

Fixer son attention sur un emplacement et/ou un objet déterminé dans l'espace visuel constitue un mécanisme fondamental de notre adaptation comportementale face à un environnement changeant. En fait, lorsqu'une cible visuelle apparaît à un emplacement attendu par l'observateur, les simples temps de réaction sont plus rapides que pour répondre à une cible apparaissant à une localisation inattendue (Posner, Snyder et Davidson, 1980). Si l'observateur détient une information concernant l'emplacement de la cible à venir, il pourra mettre en œuvre une stratégie bénéfique afin d'anticiper l'orientation de son attention en direction de cet emplacement choisi. Il s'agit alors d'un mouvement volontaire, endogène de l'attention orienté vers la localisation spatiale. Sinon, l'attention peut être capturée de façon automatique à l'emplacement du stimulus pertinent ou de la survenue d'un nouvel objet. On parle alors d'une allocation involontaire, ou exogène, de l'attention.

Nous avons dans notre recherche, manipulé ces deux mécanismes d'orientation de l'attention, en intervenant sur les attentes des sujets face à l'apparition d'une cible visuelle à détecter. Nous sommes en effet partis du principe que des cibles à caractère inattendu voudraient surtout mobiliser un mécanisme d'orientation exogène de l'attention alors que des cibles attendues par le sujet seraient détectées grâce à un mouvement endogène de son attention spatiale. Nous avons proposé que des cibles puissent être imprévisibles, donc inattendues, du fait d'une variabilité de sa fréquence d'occurrence comme de son caractère perceptif. L'aspect probable ou improbable pouvait de ce fait être manipulé par les régularités d'apparition des cibles visuelles, c'est-à-dire déséquilibré le long de l'environnement visuel, et induire un bénéfice ou un coût selon le contexte de haute ou faible probabilité spatiale (Chun et Jiang, 1998 ; Geng et Behrmann, 2002, 2005 ; Hoffman et Kunde, 1999 ; Jonides, 1980 ; Maljkovic et Nakayama, 1996 ; McPeck, Maljkovic et Nakayama, 1999 ; Miller, 1988 ; Rabbitt, Cumming et Vyas, 1978, 1979 ; Shaw et Shaw, 1977).

Comme lors de l'étude de Bartolomeo, Decaix et Siéroff (2007), nos protocoles de détection de cibles, ici sans indiçage, se sont déroulés sans instructions explicites. Nous observons donc dans notre recherche un effet des manipulations spatiales, non explicitement verbalisées, de la cible à détecter sur le comportement attentionnel des participants.

Paradoxalement, comme nous l'avons déjà vu, la définition de l'orientation endogène de l'attention implique une notion de volonté consciente de la part du sujet, néanmoins nous avons initialement supposé, en accord avec les conclusions de Bartolomeo, Decaix et Siéroff

(2007), la possibilité de mobiliser implicitement l'attention endogène, au fil de la pratique et donc de l'expérience de la tâche effectuée. Selon la littérature (Geng et Behrmann, 2002, 2005 ; Hoffmann et Kunde, 1999 ; Miller, 1988), nous nous attendions, grâce à ce mouvement endogène implicite de l'attention en direction des cibles visuelles apparaissant avec une haute probabilité, à observer une facilitation de la détection de ces cibles. Nous ne constatons en revanche pas de nette amélioration des performances, pour aucun des groupes de participants (sujets sains ou patients cérébro-lésés droits), grâce à la répétition des cibles au niveau d'un hémiespace. Nos résultats ne sont donc pas en faveur d'un effet facilitateur de la haute probabilité spatiale d'apparition des cibles (Geng et Behrmann, 2002 ; Walthew et Gilchrist, 2006 ; Bartolomeo, Decaix et Siéoff, 2007), mais désignent davantage un effet délétère de la faible probabilité spatiale. Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron (2001) ont mis en évidence une relative épargne de l'orientation endogène chez les patients négligents, que nous n'observons donc pas dans l'ensemble de nos résultats. Toutefois, ces auteurs soulignent la lenteur de mise en œuvre d'un tel mécanisme endogène et incriminent même ce manque de rapidité pour expliquer l'absence d'orientation endogène en situation écologique.

Cette absence d'amélioration significative des performances en cas de haute fréquence d'occurrence des cibles nous conduit donc à douter de la mise en œuvre, même implicite d'une orientation endogène de l'attention de nos sujets. Les sujets n'ont en effet peut être pas perçu la régularité d'apparition des cibles au niveau d'un hémiespace et se sont avérés bien plus sensibles à la nature inattendue des cibles. On peut faire l'hypothèse, pour expliquer ce résultat que nos expériences n'ont finalement pas véritablement mobilisé de mécanisme endogène d'orientation de l'attention et que ce sont bien les réponses exogènes qui ont pris l'ascendant sur l'allocation de l'attention spatiale.

III- Distribution gauche/droite de l'attention spatiale

1. Le biais attentionnel des patients négligents

La négligence spatiale unilatérale se caractérise entre autre par l'omission ou le délai pour répondre à des cibles visuelles contralésionnelles, du fait de difficultés à orienter l'attention sélective spatiale vers l'hémiespace contralésionnel. Les patients négligents manifestent en effet typiquement des temps de réponse plus lents aux cibles gauches,

controlatérales, que pour répondre à des cibles droites, ipsilatérales (Losier et Klein, 2001 ; Siéroff, Decaix, Chokron et Bartolomeo, 2007). Les résultats de notre première expérience corroborent cette assumption puisque nous objectivons une asymétrie des temps de réaction, spécifique aux patients négligents et se traduisant par un ralentissement des temps de détection des cibles gauches comparativement aux cibles droites. Ce type de résultats se répète et se confirme pour tous nos protocoles de détection de cibles sans indiçage, avec ou sans introduction d'une variabilité spatiale ou non. Comme nous l'avons déjà précédemment évoqué, nous pensons que les protocoles mobilisent prioritairement une orientation exogène de l'attention. De ce fait, nos résultats sont en faveur d'un trouble du mécanisme exogène de l'attention spatiale chez les patients négligents, principalement marqué en direction des cibles contralésionnelles. De nombreuses études ont déjà conclu à un déficit d'attention exogène plutôt qu'un trouble d'attention endogène (Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001 ; Gainotti, 1996 ; Ladavas, 1993 ; Ladavas, Carletti et Gori, 1994 ; Luo, Anderson et Caramazza, 1998 ; Natale, Posteraro, Prior et Marzi, 2005 ; Smania et al., 1998). Ceci signifie que les patients sont déficitaires pour orienter leur attention vers des événements qui capturent l'attention de façon exogène, sans que leur orientation volontaire ne soit suffisamment efficiente pour compenser le déficit exogène. On peut ici évoquer l'idée que la négligence « entretient » la négligence. En effet, nous supposons que le fait de peu répondre à des stimuli apparaissant dans un hémiespace, et notamment à gauche, ne favorise pas l'orientation de l'attention vers ce côté de l'espace extra-corporel, et par là même les réponses aux stimuli provenant de cet hémiespace. En d'autres termes, moins le patient négligent traite l'information spatiale, moins il porte intentionnellement son attention vers cette information, et moins il est disposé à y répondre. Ce concept se définit par son contraire, qui est que plus on agit sur des stimuli situés dans un hémiespace plus on leur porte attention.

Ce déséquilibre de distribution attentionnelle typique des patients négligents s'est avéré très résistant, durant l'ensemble de notre recherche. En effet, nous n'observons pas de bénéfice d'une haute probabilité d'apparition des cibles au niveau de l'hémiespace gauche, c'est-à-dire négligé, des patients. Geng et Behrmann (2002) ont eux montré un net effet facilitateur d'une haute probabilité spatiale sur les temps de réaction des patients négligents, même au niveau de leur hémiespace négligé. Nous ne retrouvons donc pas de bénéfice de la présentation implicite et répétitive des cibles chez les patients négligents.

En revanche, l'introduction d'une variabilité spatiale (expérience 3) et morphologique (expérience 5) au niveau de l'hémiespace droit, ipsilésionnel, a généré la disparition du biais spatial pathognomonique des patients négligents. Ces conditions de variabilité ont en effet

induit un comportement attentionnel distribué de façon plus symétrique dans l'espace visuel. Ce rétablissement du déséquilibre est en fait la conséquence de la majoration du trouble d'orientation de l'attention en direction de l'hémiespace droit. Ceci a donc réduit la différence entre les deux côtés de présentation des cibles. Nous avons observé dans les résultats de l'expérience 1 que les patients négligents présentent un trouble de la détection des cibles visuelles apparaissant au niveau de l'hémiespace gauche mais également du côté droit, comparativement à des patients cérébro-lésés droits sans négligence et bien évidemment des sujets sains. Les patients négligents de nos études ont été sensibles à la manipulation de la présentation des cibles droites, en termes de faible fréquence d'occurrence et de variation des traits caractéristiques des cibles, et ont manifesté une dégradation de leurs performances. Cette altération du comportement attentionnel vient accentuer un déficit déjà existant au sein de l'hémiespace droit, ipsilésionnel (Bartolomeo et Chokron, 1999b ; Small, Cowey et Ellis, 1994 ; Robertson, Halligan et Bergego, 1994 ; Marshall et Halligan, 1989). Il a en effet été admis que la négligence spatiale se définit entre autre par un trouble global de l'attention spatiale, c'est-à-dire une atteinte non latéralisée de la mobilisation des ressources attentionnelles (Snow et Mattingley, 2006 ; Hoff et al., 2007).

Les manipulations des éléments visuels exigeants une orientation exogène de l'attention ont, dans nos différentes études, perturbé les patients négligents au niveau de leur hémiespace droit. Il est désormais intéressant d'interpréter les effets de ces manipulations expérimentales sur le comportement attentionnel des sujets sains.

2. Quand le comportement des sujets sains simule celui des patients négligents

Tous nos protocoles expérimentaux exploitant les variabilités spatiale ou non spatiale ont perturbé le comportement attentionnel des sujets sains. En effet, que la manipulation expérimentale se définisse en termes d'asymétrie de la fréquence d'occurrence des cibles entre les deux hémiespaces (expériences 3 et 4), de variations dans l'aspect des cibles à détecter (expérience 5) ou de l'addition de ces deux facteurs (expérience 2), elle a opéré une influence sur la distribution des ressources attentionnelles des sujets sains au niveau de leur espace visuel. Plus précisément, les sujets sains ont fait preuve de sensibilité aux conditions de variabilité et ont surtout manifesté une altération de leurs performances du côté concerné par la variabilité spatiale ou non. Nous avons en effet surtout mesuré un effet délétère de la variabilité plutôt qu'un effet facilitateur en situation de haute probabilité d'apparition des cibles. En d'autres termes, les sujets sains se sont avérés plus lents à détecter des cibles peu

fréquentes et/ou dont les caractéristiques perceptives sont changeantes. La perturbation du profil s'est principalement exprimé en terme de temps de réaction et donc par un ralentissement des temps de réponse plutôt que par une augmentation de la variabilité des réponses ; on retrouve ce type de pattern uniquement pour l'expérience manipulant exclusivement les traits caractéristiques des cibles et pas leur fréquence d'occurrence (expérience 5).

Nos résultats montrent donc qu'il est possible d'induire une asymétrie dans l'orientation de l'attention au niveau de l'espace extracorporel lors d'une simple tâche de détection de cibles, sans indiçage et de façon totalement implicite. Compte tenu de la nature variable et imprévisible des cibles à détecter, nous supposons ici une perturbation de l'orientation exogène des sujets sains. Suivant le côté d'application de la condition de variabilité (faible probabilité d'apparition des cibles et/ou cibles perceptivement changeantes), une modification de la distribution attentionnelle a été induite chez les sujets sains, se caractérisant par un profil qui tend vers la perturbation de l'orientation exogène de l'attention spatiale soit au détriment de l'hémiespace gauche soit du droit. Il est de plus intéressant de noter que ces mouvements de l'attention totalement artificiels et implicites pouvaient se poursuivre pour la condition contrôle successive.

Ainsi, nous avons obtenu, grâce à l'introduction d'une variabilité dans l'apparition des cibles à détecter, une modification du comportement attentionnel des sujets sains pouvant se caractériser par ralentissement des temps de réponses à des cibles apparaissant au niveau de l'hémiespace gauche comparativement à des cibles présentées à droite, ou même des réponses plus variables pour des cibles gauches que droites. Ce pattern de performances est alors comparable à celui typiquement observé chez des patients cérébro-lésés droits avec négligence.

La négligence spatiale unilatérale reste encore aujourd'hui une pathologie mystérieuse d'un point de vue théorique, qui suscite donc de nombreuses questions et recherches. L'une des voies d'accès à la compréhension de cette pathologie est sans nul doute l'induction expérimentale d'un comportement similaire à la symptomatologie de la négligence chez des sujets normaux. Plusieurs études ont déjà exploré ce champ de recherche et ont surtout utilisé des techniques de manipulations sensori-motrices pour biaiser l'exploration visuo-spatiale des sujets normaux (vibrations des muscles du cou, stimulation vestibulaire calorique ou la stimulation optokinétique, Karnath, Sievering et Fetter, 1994; Mattingley, Bradshaw et Bradshaw, 1994, la stimulation magnétique transcrânienne, Thut, Nietzel et Pascual-Leone,

2005 et la procédure d'adaptation prismatique, pour revue Michel, 2006 ; Chokron et al, 2007).

Notre étude se distingue de ces procédures de simulation d'une négligence spatiale par sa nature davantage cognitive. En effet seule l'intervention implicite sur les mouvements attentionnels à générer un pattern de performances tendant vers l'asymétrie pour l'allocation des ressources attentionnelles, sans avoir recours à des manipulations sensorielles ou motrices, c'est-à-dire plus mécaniques et explicites. Il semble donc que la création du déséquilibre de distribution gauche/droite de l'attention des sujets sains de nos études colle au plus près du biais présenté par les patients négligents puisque nous avons induit un manque d'efficacité de l'orientation exogène implicite vers l'hémiespace gauche chez les sujets sains. En d'autres termes, le fait de générer une modulation des mouvements de l'attention spatiale chez les sujets sains de façon à obtenir un comportement qui tend à évoquer celui des patients négligents peut nous permettre de mieux comprendre et de déterminer les rouages des dysfonctionnements chez ces patients. Ce type d'observation peut en effet nous permettre de supposer une implication de l'attention et surtout de sa mobilisation dans l'expression de la négligence gauche. La compréhension des mécanismes attentionnels semble primordiale pour l'assimilation de ce type de pathologie neurologique affectant l'exploration visuo-spatiale. La distribution des ressources attentionnelles constitue donc un point clé qu'il nous a semblé opportun d'explorer de façon approfondie. Pour ce faire, nous avons cherché à étudier les éventuels effets des habitudes de lecture et de la directionnalité de l'exploration visuo-spatiale sur l'allocation de l'attention spatiale au niveau de l'espace extracorporel.

3. Influence culturelle sur la distribution attentionnelle

La manipulation de la probabilité spatiale d'apparition des cibles influence de manière spécifique la distribution attentionnelle des sujets sains lecteurs de gauche à droite (français) et de lecteurs de droite à gauche (israéliens). En effet, les résultats de l'expérience 4, jouant uniquement sur la fréquence d'occurrence des cibles visuelles, pointent un net effet délétère d'une faible probabilité spatiale au niveau de l'hémiespace gauche chez les sujets lecteurs de droite à gauche alors que le profil inverse est obtenu chez les lecteurs de gauche à droite ; c'est-à-dire de moins bonnes performances en cas d'une faible fréquence des cibles à droite. En d'autres termes, les sujets lecteurs de la droite vers la gauche ont manifesté de plus grandes difficultés à répondre rapidement à des cibles peu fréquentes présentées au niveau de

l'hémiespace gauche, c'est-à-dire au bout du balayage visuel culturellement appris. Il a déjà été démontré que les habitudes de lecture ont des effets sur les tâches visuo-spatiales (Chokron, Bernard et Imbert, 1997 ; Chokron et Imbert, 1993 ; Chokron et De Agostini, 1995 ; Manning, Halligan et Marshall, 1990). La nature imprévisible des cibles présentées à gauche a donc généré un fort biais attentionnel chez les sujets israéliens, tout à fait comparable à celui des patients négligents. On peut interpréter ce résultat par un phénomène de majoration du manque d'efficience attentionnelle à gauche due au caractère imprévisible des cibles peu fréquentes. Non seulement les lecteurs de la droite vers la gauche peuvent être moins performants pour détecter des cibles apparaissant au terme de leur exploration visuo-spatial spontanée (à gauche) mais ils sont en plus perturbés par une apparition peu prévisible car peu fréquente de ces cibles. Nous supposons alors que les habitudes de lecture de la droite vers la gauche ont pu faciliter la création d'une asymétrie dans l'allocation de l'attention. Il est en d'autres termes ici plus facile de créer un biais attentionnel évoquant celui des patients négligents chez les lecteurs de la droite vers la gauche que chez les lecteurs de la gauche vers la droite.

Au niveau des études effectuées sur des groupes de patients cérébro-lésés, Speedie et al. (2002) ont observé que les habitudes de lecture peuvent influencer la fréquence et la sévérité des signes de négligence lors d'une épreuve de bissection de lignes, sans que la nature attentionnelle ou intentionnelle du déficit ne soit clairement définie. Les auteurs observent que les patients négligents ayant des habitudes de lecture de la droite vers la gauche effectuent des bissections de lignes se rapprochant plus du centre que les patients négligents lecteurs de gauche à droite. En revanche, ils ne constatent pas de différence entre ces deux groupes de patients en tâche de barrage.

Hormis les effets des habitudes de lecture sur l'organisation spatiale, il semble que l'on ne peut pas non plus s'affranchir d'un effet de la spécialisation hémisphérique pour les fonctions spatiales sur la distribution des ressources attentionnelles. En effet, il est ici possible d'évoquer la spécialisation de l'hémisphère droit pour l'orientation de l'attention spatiale (Heilman et al., 1987 ; Heilman et Van der Abell, 1980 ; Mesulam, 1981 ; Perry et Zeki, 2000 ; Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy et Shulman, 2000). Ainsi, les sujets lecteurs de la gauche vers la droite bénéficient de la convergence de leurs habitudes de lecture et de la spécialisation hémisphérique sachant que l'association de ces deux facteurs renforce l'orientation vers l'hémiespace gauche. C'est cette facilitation de l'orientation vers la gauche qui pourrait de ce fait être à l'origine d'une atténuation des perturbations attentionnelles dues à la nature inattendue des cibles visuelles. En revanche, les sujets lecteurs de la droite vers la

gauche seraient eux pénalisés par des mécanismes divergents, ce qui aurait pu fragiliser l'orientation de l'attention spatiale vers la gauche.

Ces résultats démontrent donc qu'il est possible de biaiser le mécanisme d'orientation exogène de l'attention spatiale des sujets sains, ceci de façon implicite. Le biais créé revêt alors un profil similaire à celui typiquement obtenu chez les patients négligents lors de ces tâches de détection de cibles visuelles. Toutes ces perturbations attentionnelles reposent sur une altération de l'orientation exogène qu'elle soit spontanée chez les patients négligents ou artificielle chez les sujets sains.

IV- Réflexions neuro-anatomiques

Comme nous l'avons déjà décrit, Corbetta et Shulman (2002) puis Corbetta et al. (2008) ont développé un modèle de l'attention dans lequel le réseau ventral distribué au niveau des lobes pariétal (jonction temporo-pariétale) et frontal, et largement latéralisé au niveau de l'hémisphère droit, interagit avec le réseau dorsal pariéto-frontal, représenté de façon bilatérale au niveau des deux hémisphères s'occupe de l'orientation endogène, pour permettre une réorientation exogène de l'attention. En fait, le mécanisme d'orientation exogène de l'attention semble relayé par un réseau fronto-pariétal recevant des informations des structures sous-corticales, modulant son activité, alors que pour l'orientation endogène le réseau cortical semble davantage impliquer les régions préfrontales (Rosen et al., 1999).

Le trouble d'orientation exogène de l'attention des patients négligents pourraient être la résultante de l'association d'atteintes structurelles et fonctionnelles des deux réseaux, ventral et dorsal, fronto-pariétaux de l'attention, ainsi que des connexions intra-hémisphériques (substance blanche) de ces deux réseaux. Ces atteintes auraient pour conséquence un déséquilibre fonctionnel au sein du cortex pariétal postérieur, responsable du biais à droite et du déficit de détection à gauche.

Cependant, comme nous l'avons déjà évoqué, la négligence spatiale est un syndrome très hétérogène (Heilman et al., 1993 ; Bisiach et Vallar, 2000 ; Mesulam et al., 2000 ; Husain et Rorden, 2003 ; Mannan et al., 2005) et le déficit cognitif spatial exact peut varier entre les patients négligents (Bisiach et Vallar, 2000), en fonction de la localisation lésionnelle (Mannan et al., 2005).

Brighina et al. (2002) ont prouvé la contribution très prégnante du cortex frontal dans l'expression d'une négligence sensori-perceptive. Les auteurs ont, pour ce faire, provoqué une

lésion frontale virtuelle chez des sujets normaux grâce à la technique de stimulation magnétique transcrânienne. La négligence est classiquement associée à des lésions impliquant le lobe pariétal inférieur droit, mais cette pathologie peut également survenir après des lésions d'autres régions cérébrales, comme le lobe frontal (Mesulam, 1981 ; Husain et Kennard, 1996 ; Vallar et Perani, 1986). Les résultats de Brighina et al. (2002) mettent en évidence la création d'un déficit controlatéral visuo-spatial transitoire suite à la perturbation du cortex frontal droit chez le sujet normal. Les régions corticales frontales et pariétales droites semblent par ailleurs particulièrement importante pour le maintien de l'attention spatiale (Mesulam, 1999). Hoff et al. (2007) ont conduit des expériences chez le rat afin d'observer l'effet sur les capacités attentionnelles des lésions au niveau de ces deux régions corticales. Ils constatent un déficit de l'attention spatiale au niveau de l'hémiespace controlatéral après lésion frontale ainsi qu'un déficit global de l'attention consécutif à une lésion pariétale.

Dans leur étude, Daffner et al. (2003) ont exploré la contribution des lobes pariétaux postérieurs et frontaux dans le traitement de stimuli nouveaux. Les auteurs constatent que les lésions frontales sont responsables d'une altération des réponses à des événements nouveaux alors que les lésions du lobe pariétal postérieur impliquent une atteinte du traitement de la nouveauté. En d'autres termes, le cortex préfrontal peut prendre en charge l'allocation des ressources attentionnelles vers l'événement nouveau, alors que le lobe pariétal postérieur peut lui fournir le substrat neuronal du traitement dynamique de cet événement. Daffner et al. (2000) avaient déjà démontré qu'une lésion du cortex préfrontal pouvait induire une dégradation de l'orientation volontaire vers un événement nouveau. Ces études sont donc en faveur d'un rôle indéniable de la région frontale dans l'orientation de l'attention spatiale et notamment dans la distribution volontaire des ressources attentionnelles vers des événements inattendus. Nous pensons que les résultats de notre étude s'inscrivent dans cette réflexion anatomo-clinique des manifestations de la négligence spatiale. En effet, nous allons voir par la suite que, hormis le trouble d'orientation exogène de l'attention (impliquant entre autre un réseau préfrontal), les patients négligents manifestent, dans notre étude, un probable trouble de la mobilisation volontaire des ressources attentionnelles. Concrètement, lors d'une épreuve nécessitant une exploration visuo-spatiale libre d'une figure, les patients négligents manquent de mouvements attentionnels spontanés. Il nous paraît alors cohérent d'attribuer ce trouble de l'initiation visuo-spatiale des patients négligents à une composante frontale du trouble.

On peut finalement déplorer, dans notre étude, l'absence de renseignements anatomiques plus pointus, qui limite l'interprétation des relations entre localisations lésionnelles et manifestations cliniques.

V- Notion de variabilité

Les patients cérébro-lésés droits avec négligence spatiale gauche manifestent une plus grande variabilité de leur réponse que les sujets sains et également même que les patients cérébro-lésés droits sans signe de négligence. Les conclusions de notre recherche sont donc en faveur d'un trouble de la constance des réponses spécifique à la négligence spatiale. L'expression de la variabilité des réponses suit un gradient spatial se caractérisant par davantage de fluctuations dans les temps de réaction pour répondre à des cibles apparaissant au sein de l'hémiespace gauche. Néanmoins cette variabilité moins importante pour des cibles droites par rapport aux cibles gauches n'est pas suffisante pour rejoindre les performances des sujets sans négligence. On constate donc de nouveau une expression bilatérale du déficit, qui reste malgré tout plus marqué au niveau de l'hémiespace gauche.

Nous résultats sont en accord avec les observations d'Anderson, Mennemeier et Chatterjee (2000), signifiant une augmentation progressive de la variabilité des temps de réaction de la droite vers la gauche, sous forme de gradient spatial. Les auteurs supposent que ce manque de constance serait responsable du comportement pathologique de ces patients. Si l'on admet un trouble de l'orientation exogène de l'attention en direction des cibles gauches, alors ces cibles présentées à gauche ne devraient pas générer de capture attentionnelle rapide. Cependant, comme le comportement des patients négligents ne se définit pas en terme de tout ou rien et que les temps de réponses sont fluctuants, c'est-à-dire parfois lents parfois plus rapides, en direction surtout des cibles gauches, la notion d'inconstance est alors indéniable. Bartolomeo, Siéroff, Chokron et Decaix (2001) ont exploré, lors d'une tâche de détection de cibles avec indiçage, le comportement variable des patients négligents. Leurs résultats retrouvent une inconstance des réponses ; les auteurs interprètent le phénomène de variabilité dans le cadre d'une asymétrie de la distribution de l'attention exogène chez les patients négligents gauches. Parmi l'ensemble de nos résultats, il est intéressant de noter que l'application d'une variabilité spatiale, en terme de variation de la probabilité d'apparition des cibles entre l'hémiespace gauche et droit, n'a pas fourni de profil consensuel pour les patients négligents. On n'observe en effet pas de nette influence de la probabilité spatiale sur la variabilité des temps de réponses, dans un sens ou dans l'autre. En revanche, il apparaît que l'introduction d'une variabilité au niveau des traits caractéristiques des cibles a été détectée par les patients négligents au niveau de leur hémiespace droit et s'est traduite par une accentuation de

l'inconstance de leur réponse. Cette variabilité a alors permis d'abolir le biais attentionnel des patients négligents mais en majorant leur trouble à droite.

Comme lors de la manipulation de la probabilité d'apparition des cibles, les patients négligents n'ont pas non plus détecté les caractéristiques perceptives changeantes des cibles présentées à gauche. Les variations, spatiales et non spatiales, n'engendrent donc pas de majoration de l'inconstance des réponses fournies au niveau de l'hémiespace négligé.

Chez les sujets sains, le fait de manipuler les caractéristiques perceptives des cibles n'a pas perturbé leurs temps de détection mais a en revanche généré une fluctuation de leurs réponses. En effet, lorsque les cibles étaient perceptivement changeantes à gauche, les sujets sains ont manifesté davantage de difficultés à répondre de façon constante à ces cibles gauches comparativement à celles invariables apparaissant à droite. Cette perturbation du comportement attentionnel des sujets sains s'est avérée suffisamment forte pour durer lorsque toutes variations perceptives avaient disparu. Ceci signifie alors que les sujets sains ont continué à manquer de constance pour répondre à des cibles gauches invariables. Il est donc ici très intéressant de constater qu'une variation dans la réception de l'information à traiter a créé une variation dans les réponses des sujets, sachant que ce profil est typique des patients négligents. Nous avons réussi, grâce à ce protocole expérimental à simuler le comportement variable des patients négligents chez des sujets sains, sans majoration des temps de réaction. On peut en conclure que les manipulations perceptives opèrent sur la variabilité des réponses. En d'autres termes, la perception d'une variabilité engendre la production d'une variabilité.

VI- En bref, la négligence revisitée...

Compte tenu de l'absence d'indication explicite dans nos protocoles expérimentaux, la capture attentionnelle des cibles implique un mécanisme d'orientation exogène. Le déficit d'orientation exogène de l'attention spatiale (Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001) est indéniable tout au long de notre recherche. Les patients négligents manifestent en effet un déficit de détection des cibles dans toutes les conditions expérimentales, par rapport aux autres participants, cérébro-lésés sans négligence comme sujets sains.

Nous avons initialement supposé que, outre la mise en œuvre prioritaire du mécanisme exogène d'orientation de l'attention pour répondre à l'apparition des cibles, la répétition d'un emplacement spatial aurait pu mobiliser un mécanisme endogène du fait de la perception implicite d'une règle. C'est en effet l'expérience de la tâche qui aurait pu modifier le mode de détection des cibles et donc de passer d'un mode automatique à un mode plutôt volontaire. Nous n'avons cependant pas observé d'effet facilitateur d'une haute probabilité spatiale au niveau de l'hémiespace gauche. Nous ne sommes donc pas en mesure d'évoquer un mécanisme endogène pour expliquer la distribution attentionnelle des négligents lors des tâches de détection de cibles.

En revanche, nous pensons qu'un trouble de l'orientation endogène de l'attention peut être responsable des déficits observés lors de nos épreuves de jugement de similarité. Toutefois, ce ne sont pas tous les types d'erreurs qui relèvent probablement de ce manque d'attention endogène. En effet, nous pensons ici aux absences de détection des distorsions, surtout dans la partie gauche des figures. Il s'agit concrètement des réponses « similaires » pour des figures qui sont en fait différentes à cause d'une distorsion graphique gauche. Il faut rappeler que la tâche n'est pas chronométrée et qu'il est demandé au sujet d'observer activement les figures afin de juger de leur similarité. L'importance du nombre d'erreurs produites peut s'interpréter comme un manque d'utilisation de l'orientation endogène pour explorer l'ensemble de l'espace visuel. Il est cependant d'usage de dire que le mécanisme d'orientation endogène de l'attention est préservé, même s'il est ralenti (Smania et al., 1998 ; Ladavas, Carletti et Gori, 1994 ; Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron, 2001). Bartolomeo, Siéroff, Decaix et Chokron (2001) proposent que le temps de réponse aux stimuli pourrait être un facteur fondamental pour la compensation du biais spatial des patients négligents, et que, de ce fait, ces patients pourraient apprendre à orienter plus efficacement, c'est-à-dire dans des délais plus courts, de façon endogène leur attention en direction des cibles. Dans une autre étude, Siéroff, Decaix, Chokron et Bartolomeo (2007) retrouvent un déficit du mécanisme d'engagement endogène de l'attention vers l'hémiespace gauche pour des patients présentant une négligence sévère. C'est pourquoi les auteurs établissent un lien entre l'addition d'un trouble attentionnel endogène, au trouble exogène déjà admis, et la gravité du comportement négligent. La localisation lésionnelle pourrait déterminer le profil attentionnel des patients. En effet, des lésions thalamiques semblent impliquées dans l'orientation endogène de l'attention (Siéroff, Decaix, Chokron et Bartolomeo, 2007 ; LaBerge et Buchsbaum, 1990 ; Petersen et al., 1987 ; Rafal et Posner, 1987). De plus, le rôle du lobe frontal et plus précisément du cortex dorsolatéral préfrontal droit semble majeur dans l'orientation endogène de l'attention

spatiale (Rosen et al., 1999 ; Alivisatos et Milner, 1989). Cette assumption est en accord avec notre idée, d'un probable impact d'une déafférentation frontale sur le manque d'orientation endogène spontanée de l'attention lors d'une épreuve de libre exploration visuelle, sans contrainte de temps.

Par ailleurs, nous observons pour l'ensemble de nos protocoles expérimentaux un déficit bilatéral, controlatéral et ipsilatéral, de la détection de cibles chez les patients négligents gauches. Les patients négligents s'avèrent en effet plus lents et moins constants que tous les autres groupes de participants (sujets sains et patients cérébro-lésés droits sans négligence) au niveau de leur hémiespace ipsilésionnel (Bartolomeo et Chokron, 1999b ; Snow et Mattingley, 2006). L'explication la plus plausible de ce trouble bilatéral de l'attention spatiale s'inscrit dans le cadre de la théorie de la spécialisation hémisphérique. Tout repose sur la spécialisation de l'hémisphère droit pour l'orientation de l'attention au niveau des deux hémiespaces (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy et Shulman, 2000 ; Heilman et Van der Abell, 1980 ; Mesulam, 1981 ; Perry et Zeki, 2000). La lésion de cet hémisphère droit, quasi-constante lors de négligence spatiale gauche, engendrerait donc une altération de la capture attentionnelle des cibles provenant de l'hémiespace controlatéral mais également ipsilatéral.

Enfin, nos résultats pointent un trouble très particulier chez les patients négligents exclusivement : la production de fausses dissemblances entre des figures identiques. Même si la nature de ces erreurs n'a pas pu ici être quantifiée, il est clair que les patients négligents sont les seuls participants à percevoir autant de distorsions graphiques entre des figures qui sont en fait identiques. En d'autres termes, les patients négligents ont perçu des variations dans la présentation des cibles visuelles induisant de faux jugements de dissemblances. Ces patients ont donc alterné une perception correcte des paires de figures avec l'introduction intempestive de variations dans la réception de l'information visuelle. Ce pattern de performances semble donc en faveur d'une variabilité affectant la réception des informations visuo-spatiales. Nous supposons alors que ces variations afférentes pourraient être la cause des variations efférentes. En effet, le comportement inconstant des patients négligents pourrait tout simplement refléter des variations perceptives implicites. En admettant cette hypothèse de variation perceptive, nous expliquons l'absence d'effet délétère d'une faible probabilité d'apparition des cibles, d'une variabilité des caractéristiques physiques de la cible et même l'absence d'effet facilitateur d'une haute probabilité spatiale appliquée à l'hémiespace gauche, par une perception variable de ces informations et donc l'impossibilité d'établir une

quelconque règle. La variabilité perceptive empêcherait toute manipulation expérimentale au niveau de l'hémiespace gauche. Concrètement, notre idée serait qu'un stimulus apparaissant au niveau de l'hémiespace gauche pourrait être correctement perçu ou pas du tout ou même perçu de façon distordue, ce qui impliquerait une réponse à cette image, c'est-à-dire potentiellement correcte, ou absente voire distordue.

En somme, nous supposons que la NSU pourrait être due à une variabilité de l'analyse visuelle se caractérisant par une forme de chaos perceptif au niveau de l'hémiespace gauche. Cette variabilité perceptive serait à l'origine d'un trouble de l'orientation exogène de l'attention, désormais bien argumenté (Siéoff, Decaix, Chokron et Bartolomeo, 2007 ; Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron, 2001 ; Gainotti, 1996 ; Ladavas et al., 1994 ; Luo et al., 1998 ; Natale et al., 2005), et génèrerait une fluctuation des réponses aux stimuli gauches. Ce trouble spécifique pourrait s'inscrire dans un contexte de déficit plus bilatéral de l'orientation de l'attention, cohérent avec l'hypothèse du rôle de l'hémisphère droit dans l'orientation attentionnelle vers les deux hémiespaces (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy et Shulman, 2000 ; Heilman et Van der Abell, 1980 ; Mesulam, 1981 ; Perry et Zeki, 2000). Nous supposons enfin que les patients négligents présentent un manque d'initiation de l'orientation volontaire, endogène, probablement en lien avec des signes frontaux cognitifs (émaillés d'une anosognosie totale), sachant que des études (Doricchi, Thiebaut de Schotten, Tomaiuolo et Bartolomeo, 2008 ; Bartolomeo, Thiebaut de Schotten et Doricchi, 2007) soulignent le rôle d'une disconnexion fronto-pariétale dans l'apparition et la sévérité de la négligence.

VII- Et maintenant, quelles sont les perspectives ?

L'une des voies de compréhension de la négligence spatiale est d'étudier le sujet sain et plus particulièrement de réussir à perturber le comportement attentionnel de ces sujets sains. L'un des défis actuels de la recherche expérimentale sur la négligence est en fait d'induire artificiellement chez les sujets sains un pattern de performances similaire à celui des patients négligents. Plusieurs techniques ont déjà été utilisées pour produire transitoirement ce type de trouble chez des sujets sains ; toutes ces techniques, se caractérisant par des stimulations sensorielles (vibrations des muscles du cou, stimulation vestibulaire calorique ou

la stimulation optokinétique, Karnath, Sievering et Fetter, 1994; Mattingley, Bradshaw et Bradshaw, 1994), de la stimulation magnétique transcrânienne (Thut, Nietzel et Pascual-Leone, 2005) ou correspondant à la procédure d'adaptation prismatique (voir pour revue Michel, 2006) opèrent grâce à la manipulation de mécanismes sensori-moteurs pour affecter les processus cognitifs de haut niveau. Ce type de conjecture est corroboré par les études de Dupierriex, Alleysson, Ohlmann et Chokron (2008), et Dupierriex, Gresty, Ohlmann et Chokron (2009) qui prouvent une influence des expériences sensori-motrices sur la perception de l'espace. Ces auteurs ont en effet montré que l'utilisation d'une tâche de pointage latéralisé pouvait induire un biais de la perception de l'espace personnel de sujets sains, et ils suggèrent donc que l'expérience sensori-motrice pourrait en partie déterminer l'espace multimodal (visuel et proprioceptif) et multi-représenté (extracorporel et corporel). Notons, de plus, le rôle de l'expérience dans l'utilisation d'un hémiespace. En effet, comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, le fait d'agir au sein d'un hémiespace facilite l'orientation de l'attention vers cet hémiespace, ce qui implique, au contraire, que l'absence de réponse et/ou d'action au sein d'un hémiespace renforce le fait de négliger un hémiespace.

Dans notre recherche, l'application d'une faible probabilité d'apparition des cibles visuelles à gauche associée à une haute probabilité spatiale droite a ralenti le temps de détection de ces cibles gauches chez les sujets sains ; ce phénomène a permis la création d'un biais d'orientation de l'attention comparable à celui typiquement obtenu par les patients négligents. L'utilisation d'une variabilité spatiale a donc induit une perturbation attentionnelle, c'est-à-dire un trouble de l'orientation exogène, chez les sujets sains en termes de temps de réponses. A cela s'ajoute la possibilité d'induire un comportement inconstant chez les sujets sains, toujours comparable à celui des patients négligents, grâce à l'introduction d'une variabilité non spatiale, plutôt perceptive. Pour résumer, les manipulations spatiales ont surtout généré un biais attentionnel en terme de temps de réaction et les manipulations perceptives ont, elles, surtout perturbé les sujets sains en terme de constance de leur réponses.

On peut donc déduire de ce type de résultat que le trouble d'orientation exogène de l'attention engendrerait des temps de réponses très ralentis voire une absence de réponse et que l'inconstance perceptive des cibles engendrerait une inconstance des réponses. La négligence spatiale unilatérale se révèle donc être une pathologie hétérogène car multi-déficitaire. En effet, ce syndrome neurologique implique une perturbation de l'orientation exogène mais également, et surtout une variabilité affectant la réception des informations

perceptives. Nous établissons une relation de cause à effet entre ces deux phénomènes se traduisant par une variabilité de la réception des informations visuo-spatiale à l'origine du trouble de l'orientation exogène. La négligence implique par ailleurs une perturbation de l'orientation endogène que nous considérons comme relevant d'un trouble de l'initiation d'ordre frontal, aggravé par une anosognosie totale (Vallar et Ronchi, 2006 ; Gialanella, Monguzzi, Santoro, Rocchi, 2005).

Proposition d'une conduite à tenir pour la réhabilitation des patients négligents

Il nous semble que les procédures de rééducation de la négligence doivent opérer sur plusieurs tableaux pour espérer une amélioration du déficit attentionnel.

Il nous paraît tout d'abord crucial de travailler avec le patient négligent sur l'anosognosie puisque ce trouble ferme la porte à toute initiative consciente et volontaire d'améliorer le fonctionnement cognitif. Les mises en situation peuvent permettre d'accéder à une prise de conscience. Ce travail doit également s'associer à une considération des troubles dysexécutifs, et plus particulièrement du manque d'initiative, pouvant se manifester par un déficit d'orientation endogène des mécanismes attentionnels. Il pourrait alors être efficace d'entraîner les patients à répondre plus rapidement aux cibles par l'intermédiaire de mécanismes volontaires (endogènes) mais également automatiques (exogènes). L'application d'un tel entraînement pourrait s'effectuer au niveau des deux hémiespaces, gauche et droit, afin de stimuler les fonctions spatiales de l'hémisphère droit.

Notre recherche a l'avantage d'ouvrir une nouvelle voie de réflexion pour la construction de techniques de rééducation, basées sur le concept de variabilité perceptive. Il est désormais indéniable que la notion de variabilité est indissociable du comportement négligent ; il semble même, au vu de nos résultats, que cette variabilité perceptive puisse être à l'origine des manifestations symptomatiques. Il serait donc intéressant de réfléchir à des techniques permettant le rétablissement d'une constance dans la perception des informations visuo-spatiales perçues au niveau de l'hémiespace gauche surtout. Ne pourrait-on pas imaginer par exemple un protocole d'entraînement au jugement de similarité entre des éléments perceptivement simples, afin de stimuler la constance des réponses ?

A la question, tenace et entêtante, mais que et comment perçoivent les patients négligents ? Les futures recherches pourront peut être répondre de façon plus pointue en

explorant la réception de simples stimuli visuels. En d'autres termes, la pleine lune que j'observe ce soir est-elle la même que celle que mon voisin négligent regarde ?

Il est enfin intéressant d'aborder l'apparition d'une nouvelle technologie plus pointue permettant non seulement le diagnostic mais potentiellement la réhabilitation de patients négligents : la technique de réalité virtuelle. Cette technologie permet donc l'utilisation d'un monde multimodal, en trois dimensions totalement informatisé, avec un haut niveau de contrôle des différents paramètres et de ce fait une grande flexibilité d'adaptation. C'est là que cette technologie trouve tout son intérêt pour l'application à la négligence, puisqu'il est alors possible d'entraîner et de rééduquer les patients négligents à explorer leur espace extrapersonnel, de façon plus écologique et surtout en combinant plusieurs modalités (voir Tsirlin, Dupierrix, Chokron, Coquillart et Ohlmann, 2009 pour revue). On pourrait finalement imaginer un protocole non seulement d'évaluation de la constance environnementale des patients négligents mais également d'induction de variabilité perceptive chez les sujets sains grâce à cette technique de réalité virtuelle. On supposerait alors coller au plus près de la réalité subjective des patients négligents.

La poursuite des recherches dans le domaine des troubles visuo-perceptifs, impliquant une rupture au niveau de la boucle perception-action, pourrait nous aider à mieux comprendre les mécanismes en jeu dans la cognition spatiale, et de ce fait à mettre en place des méthodes rééducatives en cas de trouble visuo-spatial.

BIBLIOGRAPHIE

- Abed, F. (1991). The influence of dimensionality on eye fixations. *Perception*, 20, 449-454.
- Alivisatos, B., & Milner, B. (1989). Effects of frontal or temporal lobectomy on the use of advance information in a choice reaction time task. *Neuropsychologia*, 27, 495-503.
- Andersen, R.A., Essick, G.K., & Siegel, R.M. (1985). Encoding of spatial location by posterior parietal neurons. *Science* 25, 230(4724), 456-458.
- Anderson, B. (1993). Spared awareness for the left side of internal visual images in patients with left-sided extrapersonal neglect. *Neurology*, 43(1), 213-216.
- Anderson, B., Mennemeier, M., & Chatterjee, A. (2000). Variability not ability: another basis for performance decrements in neglect. *Neuropsychologia*, 38, 785-796.
- Azouvi, P., Samuel, C., Louis-Dreyfus, A., Bernati, T., Bartolomeo, P., Beis, J.M., Chokron, S., Leclercq, M., Marchal, F., Martin, Y., De Montety, G., Olivier, S., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., Prairial, C., Rode, G., Sieroff, E., Wiart, L., Rousseaux, M. (2002) Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 73, 160-6.
- Azouvi, P., Bartolomeo, P., Beis, J.M., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., & Rousseaux, M. (2006). A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect. *Restore neurological neuroscience*, 24, 273-285.
- Barbieri, C., & De Renzi, E. (1989). The executive and ideational components of apraxia. *Cortex*, 24, 535-543.
- Bartolomeo, P., D'Erme, P. & Gainotti, G. (1994). The relationship between visuospatial and representational neglect. *Neurology*, 44, 1710-1714.
- Bartolomeo, P. (1997). The novelty effect in recovered hemineglect. *Cortex*, 33, 323-332.
- Bartolomeo, P., D'Erme, P., Perri, R., & Gainotti, G. (1998). Perception and action in hemispatial neglect. *Neuropsychologia*, 36, 227-237.
- Bartolomeo, P., Chokron, S., & Siéoff, E. (1999). Facilitation instead of inhibition for repeated right-sided events in left neglect. *Neuroreport*, 10(16), 3353-3357.
- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (1999a). Egocentric frame of reference: its role in spatial bias after right hemisphere lesions. *Neuropsychologia*, 37, 881-894.
- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (1999b). Left neglect or right hyper-attention? *Neurology*, 53, 2023-2027.
- Bartolomeo, P., Chokron, S., & Degos, J.D. (2000). Right parietal lesions, spatial neglect and egocentric reference]. *Revue Neurologique*, 156, 139-143.
- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (2001). Levels of impairment in unilateral neglect. In Boller, F., Grafman, J., (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, vol.4 (pp. 67-98). Amsterdam : Elsevier.
- Bartolomeo, P., Siéoff, E., Chokron, S., & Decaix, C. (2001). Variability of response times as a marker of diverted attention. *Neuropsychologia*, 39, 358-363.
- Bartolomeo P, Siéoff E, Decaix C, Chokron S. (2001). Modulating the attentionnal bias in unilateral neglect: the effects of the strategic set. *Exp Brain Res*; 137: 432-444.
- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (2002). Orienting of attention in left unilateral neglect. *Neuroscience Biobehavioral Reviews*, 26, 217-234.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Levi, A.C, Azouvi, P. & Chokron, S. (2005). Time to imagine space: a chronometric exploration of representational neglect. *Neuropsychologia*, 43, 1249-1257.

- Bartolomeo, P., Decaix, C., Siéoff, E. (2007). The phenomenology of endogenous orienting. *Consciousness and Cognition*, 16(1), 144-161 .
- Bartolomeo, P., Thiebaut de Schotten & M., Doricchi, F. (2007). Left unilateral neglect as a disconnection syndrome. *Cereb Cortex*, 17, 2479-2490.
- Bartolomeo, P., Zieren, N., Vohn, R., Dubois B. And Sturm W. (2008). Neural correlates of primary and reflective consciousness of spatial orienting. *Neuropsychologia*, 15;46(1):348-61.
- Battersby, W. S., Bender, M. B., Pollack & M., Kahn, R. L. (1956). Unilateral spatial agnosia (inattention) in patients with cerebral lesions. *Brain*, 79, 68-93.
- Benton, A. and Travel, D. (1993). Visuo-perceptual, Visuo-spatial, and visuo-constructive disorders, in: *Clinical Neuropsychology*, K.M. Heilman and E. Valenstein, eds, Oxford University Press, New York, pp. 165-213.
- Behrmann, M., Geng J.J., Shomstein S. (2004). Parietal cortex and attention. *Current Opinion Neurobiology*; 14: 212-217.
- Beschin, N., Cubelli, R., Della Sala, S. & Spinazzola, L. (1997). Left of what? The role of egocentric coordinates in neglect. *Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry*, 63, 483-489.
- Bisiach, E. (1993). Mental representation in unilateral neglect and related disorders: The Twentieth Bartlett Memorial Lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A(3), 435-461.
- Bisiach E. & Luzzatti C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex* 14(1), 129-133.
- Bisiach E., Luzzatti C., & Perani, D. (1979). Unilateral neglect, representational schema and consciousness, *Brain*, 102, 609-618.
- Bisiach E., Perani D., Vallar G. & Berti A. (1986). Unilateral neglect: personal and extra-personal. *Neuropsychologia*, 24(6), 759-767.
- Bisiach, E. & Berti, A. (1987). Dyschiria. An attempt at its systemic explanation. In : Jeannerod, M., ed., *Neurophysiological and neuropsychological aspects of neglect*. North-Holland. Amsterdam, 183-201.
- Bisiach, E. & Vallar, G. (1988). Hemineglect in humans. In: Boller, F., Grafman, J., eds. *Handbook of neuropsychology*. Elsevier, Amsterdam, 195-222.
- Bisiach, E., Capitani, E., Luzzatti, C. & Perani, D. (1981). Brain and conscious representation of outside reality. *Neuropsychologia*, 19, 543-551.
- Bisiach, E., Pizzamiglio, L., Nico, D. & Antonucci, G. (1996). Beyond unilateral neglect. *Brain*, 119, 851-857.
- Bisiach, E., Ricci, R., & Modona, M.N. (1998). Visual awareness and anisometry of space representation in unilateral neglect: a panoramic investigation by means of a line extension task. *Consciousness and Cognition*, 7(3), 327-355.
- Bisiach, E. & Vallar, G. (2000). Unilateral neglect in humans. In *Handbook of Neuropsychology* (Eds). Boller, F. & Grafman, J. Amsterdam: Elsevier, 459-502.
- Bjoertomt, O., Cowey, A. & Walsh, V. (2002). Spatial neglect in near and far space investigated by repetitive transcranial magnetic stimulation. *Brain*, 125, 2012-2022.
- Bonato, M., Priftis, K., Marenzi, R., & Zorzi, M. (2008). Modulation of hemispatial neglect by directional and numerical cues in the line bisection task. *Neuropsychologia*, 46, 426-433.
- Bowers, D., & Heilman, K.M. (1980). Pseudoneglect: effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 18, 491-498.
- Bradshaw, J.L., Bradshaw, J.A., Nathan, G., Nettleton, N.C., & Wilson, L.E. (1986). Leftwards error in bisecting the gap between two points: stimulus quality and hand effects. *Neuropsychologia*,

- Bradshaw, J.L., Nathan, G., Nettleton, N.C., Wilson, L., & Pierson, J. (1987). Why is there a left side underestimation in rod bisection? *Neuropsychologia*, 25, 735-738.
- Bradshaw, J.L., Nettleton, N.C., Pierson, J., Wilson, L. & Nathan, G. (1987). Coordinates of extracorporeal space, in: M. Jeannerod (Eds.), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*, Vol. 45, Elsevier, Amsterdam, 41-67.
- Brawn, P.T. & Snowden, R.J. (1999). Can one pay attention to a particular color? *Perception and Psychophysics*, 61, 860-873.
- Brighina, F., Bisiach, E., Piazza, A., Oliveri, M., La Bua, V., Daniele, O., & Fierro, B. (2002). Perceptual and response bias in visuospatial neglect due to frontal and parietal repetitive transcranial magnetic stimulation in normal subjects. *Neuroreport*, 13, 2571-2575.
- Broadbent, D.A. (1958). *Perception and Communication*, Pergamon, London.
- Brun, V., Benaïm, C., Thouzelier, J., Kunnert, J.E., Dhoms, G., D'Angeli-Chevassut, M., Torres, B., Perennou, D. & Pelissier, J. (2001). Intérêt du test de l'image des Boeufs pour un dépistage rapide de la négligence spatiale. Dans : *Les Syndromes de Négligence Spatiale* ; Masson (Eds.).
- Cambier J., Elghozi D. & Strube E. (1979). Hemorrhage of the head of the left caudate nucleus: disorganization of speech and graphic expression, and disturbances in gestures. *Revue Neurologique*, 135(11), 763-775.
- Carreiro, L.R.R., Haddad H.Jr., & Baldo M.V.C. (2003). The modulation of simple reaction time by the spatial probability of a visual stimulus. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 36, 907-911.
- Cave, K.R. & Pashler, H. (1995). Visual selection mediated by location: selecting successive visual objects. *Percept Psychophys.*, 57, 421-32.
- Chatterjee, A. (1994). Picturing unilateral spatial neglect: viewer versus object centred reference frames. *Journal Neurological Neurosurgery Psychiatry*, 57, 1236-1240.
- Chedru, F., Leblanc, M. & Lhermitte, F. (1973). Visual searching in normal and brain-damaged subjects (contribution to the study of unilateral inattention). *Cortex*, 9, 91-111.
- Chokron, S. (2003). Right parietal lesions, unilateral spatial neglect, and the egocentric frame of reference. *Neuroimage*, 20, 75-81.
- Chokron, S., & Imbert, M. (1993). Influence of reading habits on line bisection. *Brain Res Cogn Brain Res.*, 1, 219-22.
- Chokron, S., & De Agostini, M. (1995). Reading habits and line bisection: a developmental approach. *Brain Res Cogn Brain Res.*, 3, 51-8.
- Chokron, S., Bernard, J.M., & Imbert, M. (1997). Length representation in normal and neglect subjects with opposite readings habits studied through a line extension task. *Cortex*, 33, 47-64.
- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (1998). Position of the egocentric reference and directional arm movements in right-brain-damaged patients. *Brain Cognition*, 37(3), 405-418.
- Chokron, S., Bartolomeo, P., Perenin, M.T., Helft, G., & Imbert, M. (1998). Scanning direction and line bisection: a study of normal subjects and unilateral neglect patients with opposite reading habits. *Brain Res Cogn Brain Res.*, 7, 173-8.
- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (1999). Pointing straight ahead: Reversal patterns of performance in right-brain damaged patients with or without extensive parietal lesion. *Brain and Cognition*, 40, 79-84.
- Chokron, S., Brickman, A.M., Wei, T. & Buchsbaum MS. (2000). Hemispheric asymmetry for selective attention. *Brain Res Cogn Brain Res.*, 9, 85-90.

- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (2000). Correlation between the position of the egocentric reference and right neglect signs in left-brain-damaged patients. *Brain and Cognition*, 43, 99-104.
- Chokron, S., Colliot, P., Bartolomeo, P., Rhein, F., Eusop, E., Vassel, P., Ohlmann, T. (2002). Visual, proprioceptive and tactile performance in left neglect patients. *Neuropsychologia*, 40, 1965-1976.
- Chokron, S., Colliot, P., & Bartolomeo, P. (2004). The role of vision in spatial representation. *Cortex*, 40(2), 281-290.
- Chokron, S., Dupierrix, E., Tabert, M., & Bartolomeo, P. (2007). Experimental remission of unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*, 45(14), 3127-3148.
- Chokron, S., Bartolomeo, P. & Sieroff, E. (2008). La négligence spatiale unilatérale: trente ans de recherches, de découvertes, d'espairs, et (surtout) de questions. *Revue Neurologique*, 164, 134-142.
- Chun, M.M., & Jiang Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 36(1), 28-71.
- Ciaramitaro V.M., Cameron E.L., and Glimcher P.W. (2001). Stimulus probability directs spatial attention: an enhancement of sensitivity in humans and monkeys. *Vision Research*, 41, 57-75.
- Committeri G, Pitzalis S, Galati G, Patria F, Pelle G, Sabatini U, Castriota-Scanderbeg A, Piccardi L, Guariglia C, and Pizzamiglio L. (2007). Neural bases of personal and extrapersonal neglect in humans. *Brain*, 130: 431-441.
- Corbetta, M., Miezin, F.M., Shulman, G.L., & Petersen, S.E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *Journal of Neuroscience*, 13, 1202-1226.
- Corbetta, M., Shulman, G.L., Miezin, F.M., & Petersen, S.E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270(5237), 802-805.
- Corbetta, M., Kincade, J.M., Ollinger, J.M., McAvoy, M.P., & Shulman, G.L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 3(3), 292-297.
- Corbetta, M., Kincade, J.M., & Shulman, G.L. (2002) Two neural systems for visual orienting and the pathophysiology of unilateral spatial neglect. In Karnath, H.O., Miller, A.D., Vallar, G. (Eds), *The cognitive and neural basis of spatial neglect* (pp. 259-273). Oxford: University Press.
- Corbetta, M., & Shulman, G.L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Review Neuroscience*, 3, 201-215.
- Corbetta, M., Kincade, J.M., Lewis, C., Snyder, A.Z. & Sapir, A. (2005). Neural basis and recovery of spatial attention deficits in spatial neglect. *Nat. Neurosci*, 8, 1603-1610.
- Corbetta, M., Patel, G. & Shulman, G.L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 58, 306-324.
- Critchley, M. (1953). The parietal lobes. *Arnold*. London.
- Daffner, K.R., Scinto, L.F., Calvo, V., Faust, R., Mesulam, M.M., West, W.C. & Holcomb, P.J. (2000). The influence of stimulus deviance on electrophysiologic and behavioral responses to novel events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 393-406.
- Daffner, K.R., Scinto, L.F., Weitzman, A.M., Faust, R., Rentz, D.M., Budson, A.E., & Holcomb, P.J. (2003). Frontal and parietal components of a cerebral network mediating voluntary attention to novel events. *J Cogn Neurosci*, 15, 294-313.
- D'Erme P., Robertson I., Bartolomeo P., Daniele A., Gainotti G. (1992). Early rightwards orienting of attention on a simple reaction time performance in patients with left-sided neglect. *Neuropsychologia* 30; 989-1000.

- De Renzi, E., Colombo, A., Faglioni, P., & Gibertoni, M. (1982). Conjugate gaze paresis in stroke patients with unilateral damage. An unexpected instance of hemispheric asymmetry. *Arch Neurol.*, 39, 482-6.
- De Renzi, E., Gentilini, M., Faglioni, P., & Barbieri, C. (1989). Attentional shift towards the rightmost stimuli in patients with left visual neglect. *Cortex*, 25, 231-237.
- Denny-Brown, D. & Banker, B. O. (1954). Amorphosynthesis from left parietal lesion. *AMA Arch Neurol Psychiatry*, 71, 302-313.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Doricchi, F., Thiebaut de Schotten, M., Tomaiuolo, F. & Bartolomeo, P. (2008). White matter (dis)connections and gray matter (dys)functions in visual neglect: Gaining insights into the brain networks of spatial awareness. *Cortex*, 44, 983-995.
- Downar, J., Crawley, A.P., Mikulis, D.J., & Davis, K.D. (2002). A cortical network sensitive to stimulus salience in a neural behavioural context across multiple sensory modalities. *Journal of Neurophysiology*, 87, 615-620.
- Downing C.J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: effects on perceptual quality. *J Exp Psychol: H Percept and Performance*, 14(2), 188-202.
- Driver, J. & Mattingley, J.B. (1998). Parietal neglect and visual awareness. *Nature Neuroscience*, 1, 17-22.
- Duncan, J. (1981). Directing attention in the visual field. *Percept Psychophys.*, 30, 90-3.
- Dupierriex, E., Alleysson, D., Ohlmann, T., & Chokron, S. (2008). Spatial bias induced by a non-conflictual task reveals the nature of space perception. *Brain Research*, 12, 127-135.
- Dupierriex E., Gresty, M., Ohlmann, T., & Chokron, S. (2009). Long lasting egocentric disorientation induced by normal sensori-motor spatial interaction. *PLoS One*, 4, 4465.
- Egely, R., Driver, J., & Rafal, R.D. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: evidence from normal and parietal lesion subjects. *J Exp Psychol Gen.*, 123, 161-77.
- Fink, G.R., Halligan, P., Marshall, J.C., Frith C.D., Frackowiack, R.S.J., Dolan, R.J. (1997). Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli, *Brain*, 120, 1779-1791.
- Fink, G.R., Marshall, J.C., Halligan, P., Dolan, R.J. (1999). Hemispheric asymmetries in global/local processing are modulate by perceptual salience, *Neuropsychologia*, 37, 31-40.
- Gainotti, G. (1987). L'héminégligence. *La Recherche*, 18, 476-482.
- Gainotti, G. (1996). Lateralization of brain mechanisms underlying automatic and controlled forms of spatial orienting of attention. *Neurosci Biobehav Rev.*, 20, 617-22.
- Gainotti, G., D'Erme, P., & Bartolomeo, P. (1991). Early orientation of attention toward the half space ipsilateral to the lesion in patients with unilateral brain damage. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 54, 1082-1089.
- Gauthier, L., Dehaut, F. & Joanette, Y. (1989). The bells test : A quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49-53.
- Geng, J.J., & Behrmann, M. (2002). Probability cueing of target location facilitates visual search implicitly in normal participants and patients with hemispatial neglect. *Psychological Science*, 13, 520-525.
- Geng, J.J., & Behrmann, M. (2005). Spatial probability as an attentional cue in visual search. *Perception & Psychophysics*, 67 (7), 1252-1268.
- Gialanella, B., Monguzzi, V., Santoro, R., & Rocchi, S. (2005). Functional recovery after hemiplegia in patients with neglect: the rehabilitative role of anosognosia. *Stroke*, 36, 2687-2690.

- Giesbrecht, B., Woldorff, M.G., Song, A.W., & Mangun, G.R. (2003). Neural mechanisms of top-down control during spatial and feature attention. *Neuroimage*, 19, 496-512.
- Gitelman, D.R., Nobre, A.C., Parrish, T.B., LaBar, K.S., Kim, Y.H., Meyer, J.R., & Mesulam, M. (1999). A large-scale distributed network for covert spatial attention: further anatomical delineation based on stringent behavioural and cognitive controls. *Brain*, 122, 1093-1106.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., & Haxby, J.V. (1993). Changes in visuospatial attention over the adult lifespan. *Neuropsychologia*, 31(5), 471-485.
- Guariglia C. & Antonucci G. (1992). Personal and extrapersonal space: a case of neglect dissociation. *Neuropsychologia*, 30(11), 1001-1009.
- Guariglia C., Padovani, A., Pantano, P. & Pizzamiglio, L. (1993). Unilateral neglect restricted to visual imagery. *Nature*, 364, 235-237.
- Habekost, T. and Rostrup E. (2006). Persisting asymmetries of vision after right side lesions. *Neuropsychologia* 44; 876-895.
- Habekost, T. and Rostrup E. (2007). Visual attention capacity after right hemisphere lesions. *Neuropsychologia* 45; 1474-1488.
- Halligan, P.W., Manning, L., & Marshall, J.C. (1990). Hemispheric activation vs spatio-motor cuing in visual neglect: A case study. *Neuropsychologia*, 28, 1043-1051.
- Halligan, P.W., Marshall, J.C. and Wade D.T. (1993). Diminution and enhancement of visuo-spatial neglect with sequential trials. *Journal of Neurology*, 240(4), 117-120.
- Halligan, P.W., & Marshall, J.C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature* 11, 350(6318), 498-500.
- Halligan, P.W., & Marshall, J.C. (1994). Completion in visuo-spatial neglect: a case study. *Cortex*, 30(4), 685-694.
- Handy T.C, Green V, Klein R.M, Mangun G.R. (2001). Combined expectancies: event-related potentials reveal the early benefits of spatial attention that are obscured by reaction time measures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27 (2): 303-317.
- Harvey, M., Milner, A.D. & Roberts, R.C. (1995). An investigation of hemispatial neglect using the landmark task. *Brain and Cognition*, 27, 59-78.
- He, B.J., Snyder, A.Z., Vincent, J.L., Epstein, A., Shulman, G.L. & Corbetta, M. (2007). Breakdown of functional connectivity in frontoparietal networks underlies behavioural deficits in spatial neglect. *Neuron*, 53, 905-918.
- Heilman, K.M., & Valenstein, E. (1979). Mechanisms underlying hemispatial neglect. *Annals of Neurology*, 5(2), 166-170.
- Heilman K.M. & Van der Abell T. (1980). Right hemisphere dominance for attention: The mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect). *Neurology* 30, 327-330.
- Heilman, K.M., Watson R.T., Bowers, D., & Valenstein, E. (1983). Right hemisphere dominance for attention. *Revue Neurologique*, 139, 15-17.
- Heilman, K.M., Watson R.T. and Valenstein, E. (1985). Neglect and related disorders, in: *Clinical Neuropsychology*, K.M. Heilman and E. Valenstein, eds, Oxford University Press, New York, NY, 1985, pp. 243-293.
- Heilman K.M., Bowers D., Coslett H.B., Whelan H. & Watson R.T. (1985). Directional hypokinesia: prolonged reaction times for leftward movements in patients with right hemisphere lesions and neglect. *Neurology*, 35, 855-859.
- Heilman, K.M., Bowers, D., Valenstein, E. & Watson R.T. (1987). Hemispace and hemispatial neglect. In M. Jeannerod (Eds), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*, 115-150. North Holland:Elsevier Science Publishers.

- Heilman, K.M., Watson R.T. and Valenstein, E. (1993). Neglect and related disorders, in: *Clinical Neuropsychology*, K.M. Heilman and E. Valenstein, eds, Oxford University Press, New York, NY, 1985, 3rd ed. pp. 279-336.
- Hilgetag, C.C., Théoret, H., Pascual-Leone, A. (2001). Enhanced visual spatial attention ipsilateral to rTMS-induced 'virtual lesions' of human parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 4, 953-957.
- Hoff, E.I., Van Oostenbrugge, R.J., Liedenbaum, M., Steinbusch, H.W.M. & Blokland, A. (2007). Effects of right-hemisphere cortical infarction and muscarinic acetylcholine receptor blockade on spatial visual attention performance in rats, *Behavioural Brain Research*, 178, 62-69.
- Hoffmann, J., & Kunde, W. (1999). Location-specific target expectancies in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25 (4), 1127-1141.
- Howes, D., & Boller, F. (1975). Simple reaction time: evidence for focal impairment from lesions of the right hemisphere. *Brain*, 98, 317-332.
- Hughes H.C, Zimba L.D. Spatial maps of directed visual attention. (1985). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(4), 409-430.
- Humphreys, G.W. (1981). Flexibility of attention between stimulus dimensions. *Percept Psychophys.*, 30, 291-302.
- Husain, M., & Kennard, C. (1996). Visual neglect associated with frontal lobe infarction. *Journal of Neurology*, 243, 652-657.
- Husain, M., & Rorden, C. (2003). Non-spatially lateralized mechanisms in hemispatial neglect. *Nat Rev Neurosci.*, 4, 26-36.
- Jeannerod, M. & Biguer, B. (1987). The directional coding of reaching movements. A visuomotor conception of visuospatial neglect. In M. Jeannerod (Eds), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*, Vol 45, 87-113. Amsterdam:Elsevier Science Publishers.
- Jeannerod, M. & Biguer, B. (1989). Référence égocentrique et espace représenté. *Revue Neurologique*, 145, 365-369.
- Jewell, G., & McCourt, M.E. (2000). Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38, 93-110.
- Jonides, J. (1980). Towards a model of the mind's eye's movement. *Can J Psychol.*, 34, 103-12.
- Julesz, B. (1984). Toward an axiomatic theory of preattentive vision. In *Dynamic Aspects of Neocortical Function*, edited by Edelman G.M., Gall W.E. et Cowan W.M. New York: Neurosciences Research Foundation.
- Karnath H.O., Sievering D. and Fetter M. (1994). The interactive contribution of neck muscle proprioception and vestibular stimulation to subjective "Straight ahead" orientation in man, *Exp Brain Res* 101, 140-146.
- Karnath H.O. (1994). Disturbed coordinate transformation in the neural representation of space as the crucial mechanism leading to neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, 4(2), 147-150.
- Karnath H.O. (1997). Neural encoding of space in egocentric coordinates? Evidence for limits of a hypothesis derived from patients with parietal lesions and neglect. In P. Their & H.O. Karnath (Eds), *Parietal lobe contribution to orientation in 3D space*, 497-520. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Karnath, H. O., Ferber, S., Himmelbach, M. (2001). Spatial awareness is a function of the temporal not the posterior parietal lobe. *Nature*, 411, 950-963.
- Karnath, H.O, & Niemeier, M. (2002). Task-dependent differences in the exploratory behaviour of patients with spatial neglect. *Neuropsychologia*, 40, 1577-1585.

- Kartsounis, L.D., & Findley, L.J. (1994). Task specific visuospatial neglect related to density and salience of stimuli. *Cortex*, 30(4), 647-659.
- Kerkhoff, G. (2000). Multiple perceptual distortions and their modulation in left-sided visual neglect. *Neuropsychologia*, 38, 1073-1086.
- Kim, M.S., Anderson, J.M. & Heilman, K.M. (1997). Search patterns using the line bisection task for neglect, *Neurology*, 49, 936-940.
- Kim, M.S., & Cave, K.R. (1995). Spatial attention in visual search for features and feature conjunction. *Psychological Science*, 6, 376-380.
- Kim, M.S., & Cave, K.R. (2001). Perceptual grouping via spatial selection in a focused-attention task. *Vision research*, 41, 611-624.
- Kincade, J.M., Abrams, R.A., Astafiev, S.V., Shulman, G.L. & Corbetta, M. (2005). An event-related functional magnetic resonance imaging study of voluntary and stimulus-driven orienting of attention. *J. Neurosci.*, 25, 4593-4604.
- Kinsbourne, M. (1970). A model for the mechanism of unilateral neglect of space. *Trans Am Neurol Assoc*, 95, 143-146.
- Kinsbourne, M. (1987). Mechanisms of unilateral neglect. In M. Jeannerod (Eds), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*, Vol 45, 69-86. Amsterdam:Elsevier Science Publishers.
- Kinsbourne, M. (1993). Orienting bias model of unilateral neglect: Evidence from attentional gradients within hemispace. In I.H. Robertson & J.C. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect: Clinical and experimental studies* (pp.63-86). Hove, England: Erlbaum.
- Laarni, J. (1999). Allocating attention in the visual field: the effects of cue type and target-distractor confusability. *Acta Psychol.*, 103, 281-294.
- Làdavas, E. (1987). Is the hemispatial deficit produced by right parietal lobe damage associated with retinal or gravitational coordinates? *Brain*, 110, 167-180.
- Làdavas, E. (1993). Spatial dimensions of automatic and voluntary orienting components of attention. In I.H. Robertson & J.C. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect: Clinical and experimental studies* (pp.193-209). Hove, England: Erlbaum.
- Làdavas, E., Carletti M. & Gori G. (1994). Automatic and voluntary orienting of attention in patients with visual neglect: horizontal and vertical dimensions. *Neuropsychologia*, 32 (10), 1195-1208.
- LaBerge, D. (1981). Automatic information processing: A review. In J.B. Long & A.D. Baddeley (Eds), *Attention and performance IX*, pp. 173-186. Hillsdale, NJ:Erlbaum.
- LaBerge, D., & Buchsbaum, M.S. (1990). Positron emission tomographic measurements of pulvinar activity during an attention task. *Journal of Neuroscience*, 10, 613-619.
- Laeng, B., Brennen, T., & Espeseth, T. (2002). Fast responses to neglected targets in visual search reflect pre-attentive processes: an exploration of response times in visual neglect. *Neuropsychologia*, 40, 1622-1636.
- Lamb, M.R., Robertson, L. et Knight, R.T. (1989). Attention and interference in the processing of global and local information: effects of unilateral temporal-parietal junction lesions, *Neuropsychologia*, 27, 471-483.
- Lambert, A., & Hockey, R. (1986). Selective attention and performance with a multidimensional visual display. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.*, 12, 484-95.
- Lambert, A.J., & Corban, R. (1992). Spatial attention and expectancy for colour, category and location: further evidence against the spotlight model. *Acta Psychol.*, 81, 39-51.
- Lamy, D. & Tsal, Y. (2001). On the status of location in visual attention. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 305-342.
- Laplante D. & Degos J.D. (1983). Motor neglect. *Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry*, 46(2), 152-158.

- Lappin, J.S. & Uttal, W.R. (1976). Does prior knowledge facilitate the detection of visual targets in random noise? *Perception and Psychophysics*, 20, 367-374.
- Leibovitch FS, Black SE, Caldwell CB, Ebert PL, Ehrlich LE, and Szalai JP. (1998). Brain-behavior correlations in hemispatial neglect using CT and SPECT: the Sunnybrook stroke study. *Neurology*, 50: 901-908.
- Lewicki, P., Czyzewska, M., & Hoffmann, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 523-530.
- Liu, G., Healey, C.G. & Enns, J.T. (2003). Target detection and localization in visual search: A dual systems perspective, *Perception and Psychophysics*, 65, 678-694.
- Losier, B.J., & Klein, R.M. (2001). A review of the evidence for a disengage deficit following parietal lobe damage. *Neurosci Biobehav Rev.*, 25, 1-13.
- Luh, K.E. (1995). Line bisection and perceptual asymmetries in normal individuals: What you is not what you get, *Neuropsychology*, 9, 435-448.
- Lundervold, A.J., Bergmann, N., & Wootton, C. (2005). Visual neglect in the first weeks after a stroke in the right hemisphere. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 297-303.
- Luo, C.R., Anderson, J.M., & Caramazza, A. (1998). Impaired stimulus-driven orienting of attention and preserved goal-directed orienting of attention in unilateral visual neglect. *American Journal Psychology*, 111, 487-507.
- Maass, A. & Russo, A. (2003). Directional bias in the mental representation of spatial events: nature or culture? *Psychological Science*, 14, 296-301.
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1996). Priming of pop-out: II. The role of position. *Percept Psychophys.*, 58, 977-91.
- Manly, T., Dove, A., Blows, S., George, M., Noonan, M.P., Teasdale, T.W, Dodds, C.M., Fish, J., & Warburton, E. (2009). Assessment of unilateral spatial neglect: scoring star cancellation performance from video recordings--method, reliability, benefits, and normative data. *Neuropsychology*, 23, 519-528.
- Mannan, S.K., Mort, D.J., Hodgson, T.L., Driver, J., Kennard, C. & Husain, M. (2005). Revisiting previously searched locations in visual neglect: role of right parietal and frontal lesions in misjudging old locations as new. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 340-354.
- Manning, L., Halligan, P.W., & Marshall, J.C. (1990). Individual variation in line bisection: a study of normal subjects with application to the interpretation of visual neglect. *Neuropsychologia*, 28, 647-655.
- Mark, V.W., Kooistra, C.A., & Heilman, K.M. (1988). Hemispatial neglect affected by non-neglected stimuli. *Neurology*, 38(8), 1207-1211.
- Marshall, J.C. & Halligan, P.W. (1988). Blindsight and insight in visuo-spatial neglect. *Nature* 22-29, 336(6201), 766-767.
- Marshall, J.C. & Halligan, P.W. (1989). When right goes left: an investigation of line bisection in a case of visual neglect. *Cortex*, 25, 503-515.
- Marshall, J.C. & Halligan, P.W. (1990). Line Bisection in a Case of Visual Neglect: Psychophysical Studies with Implications for Theory. *Cognitive Neuropsychology*, 7, 107-130.
- Marshall, J.C., Fink, G.R., Halligan, P.W., & Vallar, G. (2002). Spatial awareness: a function of the posterior parietal lobe? *Cortex*, 38, 253-257.
- Mattingley, J.B., Bradshaw, J.L., & Phillips, J.G. (1992). Impairments of movement initiation and execution in unilateral neglect. Directional hypokinesia and bradykinesia. *Brain*, 115, 1849-1874.

- Mattingley, J.B., Bradshaw J.L., Nettleton N.C. & Bradshaw J.A. (1994). Can task specific perceptual bias be distinguished from unilateral neglect? *Neuropsychologia*, 11, 105-113.
- Mattingley, J.B., Bradshaw J.L. and Bradshaw J.A. (1994). Horizontal visual motion modulates focal attention in left unilateral spatial neglect, *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 57, 1228-1235.
- Massironi, M., Antonucci, G., Pizzamiglio, L., Vitale, M.V., & Zoccolotti, P. (1988). The Wundt-Jastrow illusion in the study of spatial hemi-inattention. *Neuropsychologia*, 26, 161-166.
- McCourt, M.E., & Jewell, G. (1999). Visuospatial attention in line bisection: stimulus modulation of pseudoneglect. *Neuropsychologia*, 37, 843-855.
- McPeck, R.M., Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1999). Saccades require focal attention and are facilitated by a short-term memory system. *Vision Research*, 39, 1555-1566.
- Mesulam M.M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology* 10, 309-325.
- Mesulam M.M. (1999). Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 29;354, 1325-46.
- Mesulam M.M. (2000). Behavioral neuroanatomy. *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*. Oxford: Oxford University Press, 1-120.
- Michel, C. (2006). Simulating unilateral neglect in normals: myth or reality? *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24, 419-430.
- Michel, C., Pisella, L., Halligan, P.W., Luaute, J., Rode, G., Boisson, D. & Rossetti, Y. (2003). Simulating unilateral neglect in normals using prism adaptation : implications for theory. *Neuropsychologia*, 41, 25-39.
- Miller, J. (1988). Components of the location probability effect in visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* , 14 (3), 453-471.
- Milner, A.D., Brechmann, M., & Pagliarini, L. (1992). To halve and to halve not: an analysis of line bisection judgements in normal subjects. *Neuropsychologia*, 30, 515-526.
- Mouloua M., & Parasuraman R. (1995). Aging and cognitive vigilance: effects of spatial uncertainty and event rate. *Experimental Aging Research*, 21(1), 17-32.
- Müller, H.J., & Rabbitt, P.M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: time course of activation and resistance to interruption. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.*, 15, 315-30.
- Nachshon, I. (1985). Directional preferences in perception of visual stimuli. *International Journal Neuroscience*, 25, 161-174.
- Nachshon, I., Argaman, E. & Luria, A. (1999). Effects of directional habits and handedness on aesthetic preference for left and right profiles, *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 30, 106-114.
- Natale E, Posteraro L, Prior M, Marzi C.A. (2005). What kind of visual spatial attention is impaired in neglect? *Neuropsychologia*; 43: 1072-1085.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual processing, *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Nobre, A.C., Coull, J.T., Walsh, V., & Frith, C.D. (2003). Brain activations during visual search: contributions of search efficiency versus feature binding. *Neuroimage*, 18(1), 91-103.
- Ogden, J.A. (1985). Contralesional neglect of constructed visual images in right and left brain damaged patients. *Neuropsychologia*, 23, 273-277.
- Ohlmann T. (2002). Invariants et variabilité dans les sciences cognitives. Maison des sciences de l'Homme (Eds.).

- Perry R.J. & Zeki S. (2000). The neurology of saccades and covert shifts in spatial attention: An event-related fMRI study. *Brain*, 123, 2273-2288.
- Petersen, S.E., Robinson, D.L. & Morris, J.D. (1987). Contributions of the pulvinar to visual spatial attention. *Neuropsychologia*, 25, 97-105.
- Posner, M.I., Nissen, M.J., and Ogden, W.C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H.L. Pick, Jr., & E. Saltzman (Eds.), *Attention and performance X* (pp. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M.I., Snyder, C.R.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 160-74.
- Posner, M.I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Eds), *Attention and Performance X* (pp. 531-556). Hillsdale (N.J): Lawrence Erlbaum.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friedrich, F.J., & Rafal, R.D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *Journal of Neuroscience*, 4(7), 1863-1874.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friedrich, F.J., & Rafal, R.D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention. *Neuropsychologia*, 25, 135-146.
- Posner, M.I., & Petersen, S.E. (1990). The attention system of human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends Neuroscience*, 17, 75-79.
- Rabbitt, P., Cumming, G., & Vyas, S. (1978). Some errors of perceptual analysis in visual search can be detected and corrected. *Q J Exp Psychol.*, 30, 319-32.
- Rabbitt, P., Cumming, G., & Vyas, S. (1979). Modulation of selective attention by sequential effects in visual search tasks. *Q J Exp Psychol.*, 31, 305-317.
- Rafal, R.D., & Posner, M.I. (1987). Deficits in human visual spatial attention following thalamic lesions. *Proc Natl Acad Sci*, 84, 7349-53.
- Reber R. (2002). Reasons for the preference for symmetry. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(3), 415-416.
- Riddoch, J.A., & Humphreys, G.W. (1983). The effect of cueing on unilateral neglect. *Neuropsychologia*, 21, 589-599.
- Roberston, L., Lamb, M.R. & Knight, R.T. (1988). Effects of lesions of the temporo-parietal junction on perceptual and attentional processing in humans, *Journal of Neuroscience*, 8, 3757-3769.
- Robertson, I.H., Halligan, P.W., Bergego, C., Hömberg, V., Pizzamiglio, L., Weber, E., & Wilson, B.A. (1994). Right neglect following right hemisphere damage? *Cortex*, 30, 199-213.
- Rode G., Perenin M.T. & Boisson D. (1995). Neglect of the representational space: demonstration by mental evocation of the map of France. *Revue Neurologique*, 151(3), 161-164.
- Rorden C., Karnath H.O. & Driver J. (2001). Do neck-proprioceptive and caloric vestibular stimulation influence covert visual attention in normals, as they influence visual neglect ? *Neuropsychologia*, 39(4); 364-375.
- Rosen, A.C., Rao, S.M., Caffarra, P., Scaglioni, A., Bobholz, J.A., Woodley, S.J., Hammeke, T.A., Cunningham, J.M., Prieto, T.E. & Binder, J.R. (1999). Neural basis of endogenous and exogenous spatial orienting. A functional MRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 135-152.
- Rousseaux, M., Beis, J.M., Pradat-Diehl, P., Martin, Y., Bartolomeo, P., Chokron, S., Leclercq, M., Louis-Dreyfus, A., Marchal, F., Perennou, D., Prairial, C., Samuel, C., Siéroff, E., Wiart, L., & Azouvi, P. (1996). Normalisation d'une batterie de dépistage

- de la négligence spatiale. Etude de l'effet de l'âge, du niveau d'éducation, du sexe, de la main et de la latéralité. *Revue Neurologique*.
- Sakhuja, T., Gupta, G.C., Singh, M. & Vaid, J. (1996). Reading habits affect asymmetries in facial affect judgements: A replication, *Brain and Cognition*, 32, 162-165.
- Sampaio, E., & Chokron, S. (1992). Pseudoneglect and reversed pseudoneglect among left-handers and right-handers. *Neuropsychologia*, 30, 797-805.
- Schweinberger, S.R., & Stief, V. (2001). Implicit perception in patients with visual neglect: lexical specificity in repetition priming. *Neuropsychologia*, 39, 420-429.
- Shaw, M.L., & Shaw, P. (1977). Optimal allocation of cognitive resources to spatial locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3(2), 201-211.
- Shaw, M.L. (1978). A capacity allocation model for reaction time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 586-598.
- Siéroff, E., Decaix, C., Chokron, S., & Bartolomeo, P. (2007). Impaired orienting of attention in left unilateral neglect: a componential analysis. *Neuropsychology*, 21, 94-113.
- Small, M., Cowey, A., & Ellis, S. (1994). How lateralised is visuospatial neglect? *Neuropsychologia*, 32, 449-464.
- Smania, N., Martini, M.C., Gambina, G., Tomelleri, G., Palamara, A., Natale, E., & Marzi, C.A. (1998). The spatial distribution of visual attention in hemineglect and extinction patients. *Brain*, 121, 1759-1770.
- Snow, J.C., & Mattingley, J.B. (2006). Goal-driven selective attention in patients with right hemisphere lesions: how intact is the ipsilesional field? *Brain*, 129, 168-181.
- Speedie, L.J., Wertman, E., Verfaellie, M., Butter, C., Silberman, N., Liechtenstein, M. & Heilman, K.M. (2002). Reading direction and spatial neglect. *Cortex*, 38, 59-67.
- Spiers, P.A., Schomer, D.L., Blume, H.W., Kleefield, J., O'Reilly, G., Weintraub, S., Osborne-Shaefer, P., & Mesulam, M.M. Visual neglect during intracarotid amobarbital testing. *Neurology*, 40, 1600-1606.
- Theeuwes, J. (1989). Effects of location and form cuing on the allocation of attention in the visual field. *Acta Psychol*, 72, 177-92.
- Theeuwes, J., & Van der Burg, E. (2007). The role of spatial and nonspatial information in visual selection. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.*, 33, 1335-51.
- Thut G., Nietzel A. and Pascual-Leone A. (2005). Dorsal posterior parietal rTMS affects voluntary orienting of visuospatial attention, *Cereb Cortex* 15, 628-638.
- Thiebaut de Schotten, M., Urbanski, M., Duffau, H., Volle, E., Lévy, R., Dubois, B., Bartolomeo, P. (2005). Direct evidence for a parietal-frontal pathway subserving spatial awareness in humans. *Science*, 309, 2226-2268.
- Treisman, A.M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Tsal, Y., & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: the special role of location in selective visual processing. *Percept Psychophys.*, 44, 15-21.
- Tsal, Y., & Lamy, D. (2000). Attending to an object's color entails attending to its location: support for location-special views of visual attention. *Percept Psychophys.*, 62, 960-8.
- Tsirlin, I., Dupierriex, E., Chokron, S., Coquillart, S., & Ohlmann, T. (2009). Uses of virtual reality for diagnosis, rehabilitation and study of unilateral spatial neglect: review and analysis. *Cyberpsychol Behav.*, 12, 175-81.
- Tversky, B., Kugelmass, S. & Winter, A. (1991). Cross-cultural and developmental trends in graphics productions, *Cognitive Psychology*, 23, 515-557.
- Vaid, J., & Singh, M. (1989). Asymmetries in the perception of facial affect: is there an influence of reading habits? *Neuropsychologia*, 27, 1277-1287.

- Vallar G. & Perani D. (1986). The anatomy of unilateral neglect after right-hemisphere stroke lesions. A clinical/CT-scan correlation study in man. *Neuropsychologia*, 24(5), 609-622.
- Vallar G. & Perani D. (1987). The anatomy of spatial neglect in humans. In *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*, M. Jeannerod, eds. Amsterdam: Elsevier Science Pub., 235-258.
- Vallar, G., & Ronchi, R. (2006). Anosognosia for motor and sensory deficits after unilateral brain damage: a review. *Restor Neurol Neurosci.*, 24, 247-57.
- Van Der Helm P.A. (2002). Natural selection of visual symmetries. *Behavioral and Brain Sciences* 25(3), 422-423.
- Vecera, S.P., & Flevaris, A.V. (2005). Attentional control parameters following parietal-lobe damage: evidence from normal subjects. *Neuropsychologia*, 43, 1189-1203.
- Vierck, E., & Miller, J. (2005). Direct selection by color for visual encoding. *Percept Psychophys.*, 67, 483-94.
- Walthew C. & Gilchrist I.D. (2006). Target location probability effects in visual search: an effect of sequential dependencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(5); 1294-1301.
- Weintraub, S., & Mesulam, M.M. (1987). Right cerebral dominance in spatial attention. Further evidence based on ipsilateral neglect. *Arch. Neurol.*, 44, 621-625.
- Yantis, S., Schwarzbach, J., Serences, J.T., Carlson, R.L., Steinmetz, M.A., & Pekar, J.J. (2002). Courtney S.M. Transient neural activity in human parietal cortex during spatial attention shifts. *Nature Neuroscience*, 5, 995-1002.